

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.

Horario de oficinas:

Lunes a viernes de 9 a 18 h.

Cuota de inscripción \$ 3,000.00

La cuota de inscripción incluye:

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

Requisitos

- Pagar la cuota de inscripción o traer oficio de la empresa o institución que ampare su inscripción, a más tardar una semana antes del inicio del curso
- Llenar la solicitud de inscripción

Para mayores informes hablar a los teléfonos

521-40-20

521-73-35

512-31-23

CONSTANCIA DE ASISTENCIA

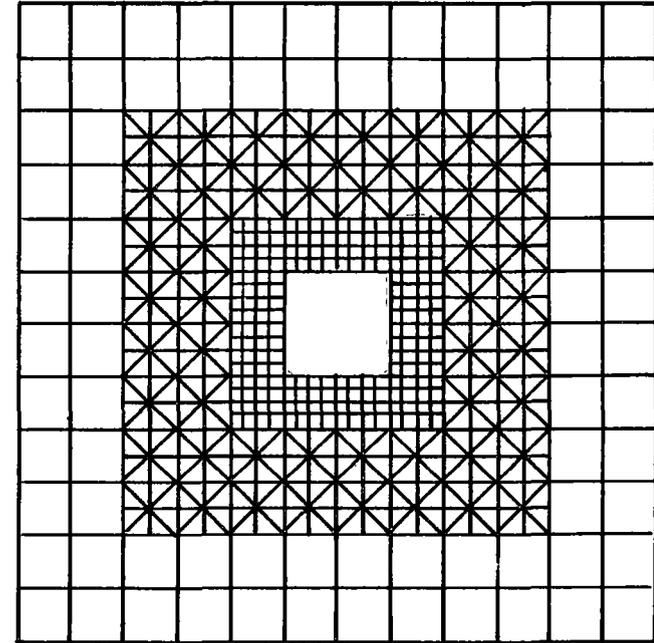
Las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., otorgarán una constancia de asistencia a los participantes que concurren regularmente y que realicen los trabajos que se les asignen durante el curso.

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.



TEMAS IMPORTANTES DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Duración: 36 h

Fechas: 10, 11, 17, 18, 24, 25 de febrero;
3 y 4 de marzo

Horario: viernes de 17 a 21 h; sábado de 9
a 14 h

Coordinador: Ing. Juan José Di Matteo
Camoirano.

En colaboración con la Sección de Ingeniería
Industrial de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

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



ANTECEDENTES

Las características actuales de la sociedad industrial, como son la rápida obsolescencia de tecnología y productos, o las presiones en cuanto a calidad, precio y plazos de entrega, exigen cada vez más de los sistemas productivos la optimización de sus recursos, es decir, el aumento de la productividad.

La ingeniería industrial logra este aumento de la productividad a través de la aplicación de técnicas y modelos que permiten analizar y evaluar el diseño, planeación, operación y control de estos sistemas.

El Centro de Educación Continua ha programado este curso para promover la utilización de algunas de estas técnicas en nuestro medio industrial.

OBJETIVOS

Describir y evaluar técnicas de ingeniería industrial, como instrumentos para el aumento de la productividad dentro de producción.

Ofrecer una experiencia práctica en cuanto a la aplicación de dichas técnicas.

A QUIEN VA DIRIGIDO

El curso está dirigido a todos los profesionistas y ejecutivos del área de producción, interesados en dominar técnicas que permiten aumentar la productividad dentro de producción.

TEMARIO

- I. Disposición de Equipos y Movimientos de Materiales
- II. Ingeniería de Métodos
- III. Estudio Económico de Reemplazo de Equipo
- IV. Mantenimiento y su Programación.

PROFESORES

ING. ODON DE BUEN LOZANO

ING. JUAN JOSE DIMATTEO CAMOIRANO

ING. ALBERTO LIEBIG FRAUSTO

ING. ROBERTO R. B. HOLANDA

TEMAS IMPORTANTES DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Febrero 10	17 a 21 h	Disposición de Equipos y Movimiento de Materiales.	Ing. Juan José Dimatteo Camoirano
Febrero 11	9 a 11:30	Disposición de Equipos y Movimiento de Materiales.	" " " " "
	11:30 a 14 h	Ingeniería de Métodos	Ing. Roberto Holanda
Febrero 17	17 a 21 h	Disposición de Equipos y Movimiento de Materiales.	Ing. Juan José Dimatteo Camoirano
Febrero 18	9 a 11:30	Estudio Económico de Reemplazo de Equipo.	Ing. Alberto Liebig Frausto
	11:30 a 14 h	Ingeniería de Métodos	Ing. Roberto Holanda
Febrero 24	17 a 21 h	Estudio Económico de Reemplazo de Equipo.	Ing. Alberto Liebig Frausto
Febrero 25	9 a 11:30	Estudio Económico de Reemplazo de Equipo.	Ing. " " "
	11:30 a 14 h	Mantenimiento y su Programación.	Ing. Odón de Buen Lozano
Marzo 3	17 a 21 h		
Marzo 4	9 a 11:30	Mantenimiento y su Programación	Ing. Odón de Buen Lozano
	11:30 a 14 h	Ingeniería de Métodos.	Ing. Roberto Holanda

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO

TEMAS IMPORTANTES DE INGENIERIA INDUSTRIAL 1978.

ING. ODON DE BUEN LOZANO

Jefe del Departamento de Ingeniería
Mecánica y Eléctrica
Facultad de Ingeniería, UNAM
México 20, D.F.
Tel.: 548.99.58

ING. JUAN JOSE DIMATTEO CAMOIRANO

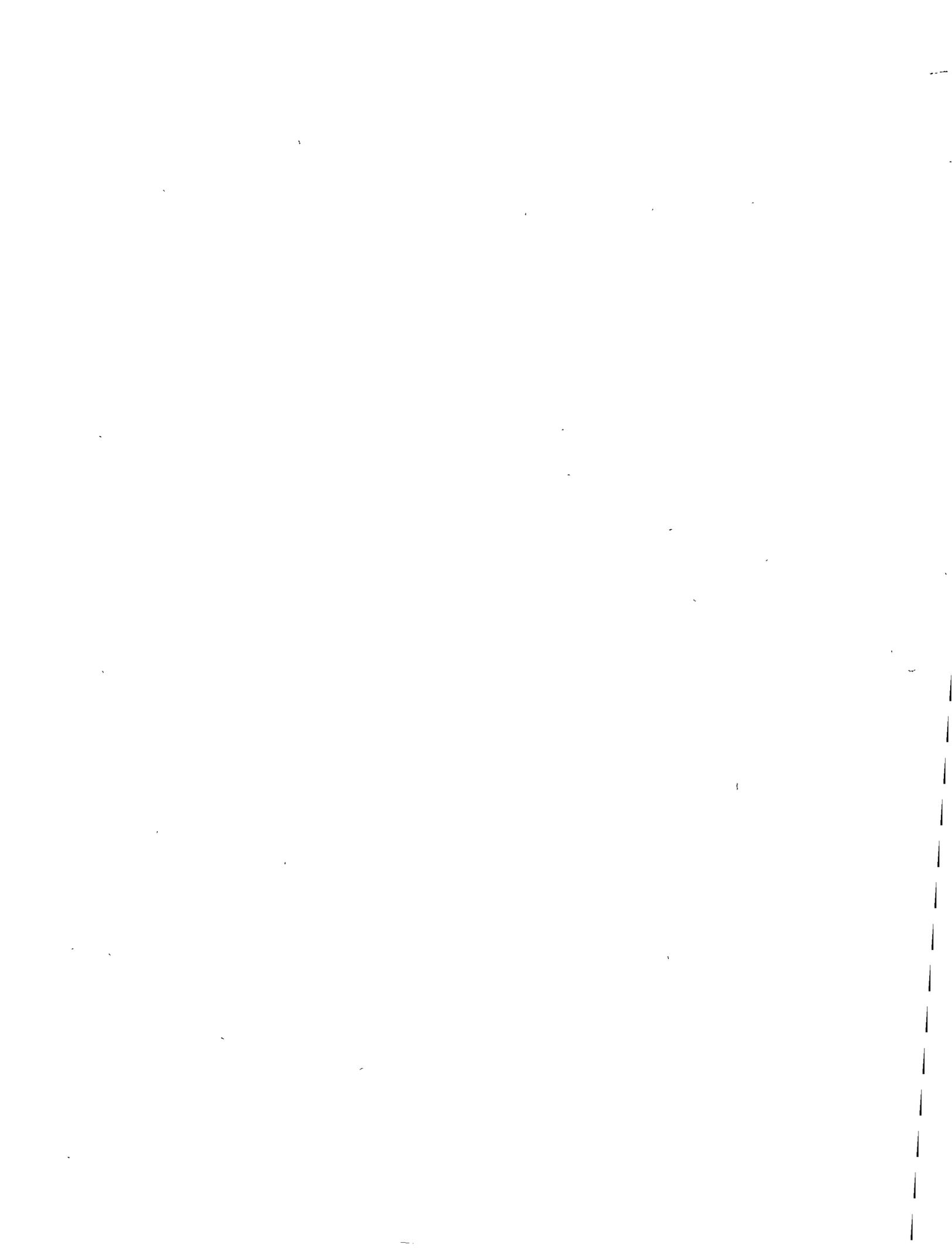
Jefe de la Sección de Ingeniería
Industrial
Facultad de Ingeniería, UNAM
México 20, D.F.
Tel.: 550.52.15 Ext. 3741

ING. ALBERTO LIEBIG FRAUSTO

Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial
Fábricas de Papel Loreto y Peña Pobre
Altamirano 46
San Angel
México 20, D.F.
Tel.: 548.66.60

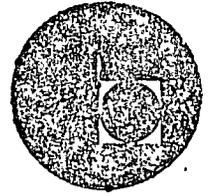
M. en C. ROBERTO HOLANDA ROFA BARGERS

Coordinador del Area de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería, UNAM
México 20, D.F.
Tel.: 550.52.15 Ext. 3741





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



TEMAS IMPORTANTES DE INGENIERIA INDUSTRIAL

DISPOSICION DE EQUIPOS

ING. JUAN JOSE DI MATTEO C.

FEBREÑO, 1978.



DISPOSICION DE EQUIPOS

Una buena disposición de equipos es un factor importantísimo en la gestión económica de una empresa. No debe subestimarse la importancia de una adecuada planeación de esta función pues el recorrido de los materiales puede considerarse como la espina dorsal de los procesos productivos y, por lo tanto, debe ponerse atención para evitar que, debido a la dinámica industrial, los equipos se conviertan en un conjunto desordenado de hombres y máquinas que no se asegure la eficiencia esperada de un sistema industrial racionalmente organizado.

Existen 2 tipos de problemas según se trate de planear la disposición de una fábrica nueva o de mejorar la disposición existente. El segundo, tradicionalmente se presenta debido a que las disposiciones no van cambiando de acuerdo a un plan sino que se van agregando máquinas en donde se encuentra espacio.

Al cabo de un tiempo de esta "sin política", se llega a una disposición, por supuesto no óptima, que agrega mucho tiempo al contenido original del trabajo.

De acuerdo con la información estadística proporcionado por varias empresas, se demuestra que, frecuentemente, el costo de los movimientos es del orden del 50% del costo total de fábrica. y llegó en algunos casos a ser del 80%.

... ##

201

Antes de seguir con el tema conviene aclarar que esta verdadera función dentro de la Ingeniería Industrial recibe varias denominaciones en el uso diario, generalmente sinónimas entre sí. Entre ellas podemos mencionar :

- 1.- Disposición de equipos.
- 2.- Plant Lay Out
- 3.- Lay Out
- 4.- Distribución de la Planta.
- 5.- Planeación de talleres, Etc.

Como en toda actividad humana, deben definirse de entrada los objetivos de la función :

- 1.- Facilitar el proceso de manufactura
- 2.- Minimizar los movimientos de materiales.
- 3.- Mantener una flexibilidad adecuada.

Al hablar de flexibilidad queremos indicar que nuestra disposición debe ser tal, que no nos ahogue ante cualquier variación que tengamos en nuestro plan de producción. Por lo tanto, existen dos tipos de flexibilidad a saber.

- A. En la cantidad (Por expansiones o aumentos de volumen)
- B. Calidad (Por cambios de diseño o productos fabricados)
- 4.- Asegurar una alta rotación de materiales en proceso.

Ello traerá como consecuencia una disminución de los inventarios, lo que significa menores activos y, por lo tanto, mayor rentabilidad de la inversión.

... ## 202

5.- Minimizar la inversión en equipos

6.- Utilización más racional posible del espacio disponible

Al mencionar esto hay que tener presente que hablamos del espacio en tres dimensiones.

7.- Utilización más eficiente de la mano de obra.

No olvidemos que los elementos de la producción son tres: Mano de obra, equipos y materiales. Tendremos una idea de la importancia del tema que estamos tratando si vemos que los tres intervienen dentro de los objetivos.

8.- Asegurar la eficiencia, seguridad y comodidad de los ambientes de Trabajo.

Este punto ha dado origen a una nueva ciencia denominada ERGONOMIA (vocablo derivado de dos palabras griegas que significan "Las costumbres y leyes del trabajo"). En la bibliografía se mencionan varios textos para las personas interesadas en profundizar este tema.

Si bien a través de los objetivos puede visualizarse el campo que abarca el tema, conviene especificarlo un poco más. Es evidente que es tarea conjunta de varios departamentos de Ingeniería y de la Dirección. Llega a la Dirección pues determinada la capacidad económica de la planta para cumplir con el plan de ventas.

En cuanto al área de producción, el Lay Out orienta el flujo de los materiales y gobierna los gastos de mano de obra, combustible, equipos de movimiento de

materiales, depreciaciones, Etc. En el caso de organizaciones grandes puede decirse que el planeamiento de las disposiciones coordina las funciones de Ventas, Finanzas, Producción, Ingeniería y Dirección para lograr la rentabilidad deseada.

TAREAS EN EL PLANEAMIENTO DE DISPOSICIONES.

Evidentemente, el tamaño y las actividades del departamento de Lay Out, varía mucho con el tipo y tamaño de organización. Si se trata de una empresa pequeña que no tiene un ingeniero Industrial, la responsabilidad debe asignarse al departamento de Ingeniería o al Encargado de Producción.

No obstante lo dicho al principio, como referencia, pueden indicarse las siguientes tareas que se producen aproximadamente en el orden citado.

- 1.- Obtención de datos básicos: (Análisis de Productos y Volúmenes de producción, frecuencia de cambios de diseño, submontajes, montaje final, estándares de producción, Etc.)
- 2.- Planear el recorrido de los materiales y la forma en que se los moverá.
- 3.- Planear Centros de Trabajo (Ayudándose con las técnicas del Estudio de Métodos y la Medida del Trabajo). Definimos como Centro de Trabajo el espacio total para realizar una tarea y para su cálculo debe considerarse la superficie para llevar a cabo la tarea más el espacio para el desenvolvimiento del operario más espacios para

acceso y salida de materiales más espacio para mantenimiento y -
varios.

- 4.- Requisitos de Inventarios (volúmenes de almacenaje y áreas requeridas).
- 5.- Planear Servicios Auxiliares (Aire comprimido, calderas, energía, agua, Etc.)
- 6.- En base a los datos anteriores, elaborar un plan maestro de Lay-Out.
- 7.- Someter el plan del punto anterior a la consideración y aprobación de la Gerencia y de los interesados (producción, almacén, ingeniería, Etc.)
- 8.- Colaborar activamente en la instalación de las disposiciones propuestas.
- 9.- Proveer los controles necesarios para verificar que una vez que se puso en marcha la disposición, los trabajos se realicen de acuerdo con los planes.

NECESIDAD DE UNA NUEVA DISPOSICION.

En el problema de ineficiencia de las disposiciones existentes, hay ciertos indicadores de la situación que no se detectan directamente en la contabilidad de la empresa, pero que deben ser fácilmente detectados por el Departamento de Ingeniería Industrial. Entre los más comunes podemos mencionar :

... ##

1.- Departamento de Recepción.

- A. Congestión de materiales.
- B. Problemas administrativos en el departamento.
- C. Demoras en los camiones proveedores.
- D. Excesivos movimientos con la mano o de remanipuleo.
- E. Necesidad de horas extras.

2.- ALMACENES.

- A. Demoras en los despachos.
- B. Daños a materiales almacenados.
- C. Areas Congestionadas.
- D. Pérdidas de materiales.
- E. Control de inventarios insuficientes.
- F. Elevada cantidad de personal (No olvidar que es indirecto).
- G. Piezas obsoletas en inventarios.
- H. Falta de materiales o piezas solicitadas por producción y / o mantenimiento.

3.- DEPARTAMENTO DE PRODUCCION.

- A. Frecuentes redistribuciones parciales de los equipos.
- B. Operarios calificados que mueven materiales.
- C. Materiales en el piso.
- D. Quejas de operarios por falta de espacio.

... ## 206

- E. Congestión en pasillos.
- F. Disposición inadecuada del Centro de Trabajo.
- G. Llevar el material a mano al área de trabajo.
- H. Tiempos de movimiento de materiales grandes con respecto al tiempo de procesamiento.
- I. Máquinas paradas en espera del material a procesar.
- J. Frecuentes interrupciones en la producción por fallas de algunas máquinas.

4.- EXPEDICION.

- A. Mala comunicación con el departamento de producción. (Defecto bastante común).
- B. Demoras en los despachos.
- C. Roturas o Pérdidas de materiales, Etc.

5.- AMBIENTE.

- A. Condiciones inadecuadas de iluminación, ventilación, ruido, limpieza, Etc.
- B. Muchas accidentes.
- C. Alta rotación del personal.

6.- GENERALES.

- A. Programa de producción desorganizado.
- B. Poco interés del personal.
- C. Muchos gastos indirectos.

PRINCIPALES TIPOS DE DISPOSICIONES.

Principalmente existen tres formas para disponer las máquinas:

- 1.- Por posición fija.
- 2.- Por proceso.
- 3.- Por producto o disposición en línea.

En el Lay-Out por Posición fija el componente principal permanece fijo y los elementos de la producción, esto es mano de obra, materiales y equipo concurren a él. Como ejemplos de este tipo de disposición podemos mencionar la fabricación de barcos, grandes turbogeneradores, locomotoras, Etc.

En el Lay-Out por proceso todas las operaciones del mismo proceso se agrupan en un área. Por ejemplo todas las operaciones de torneado o de soldadura, se hacen en un departamento donde únicamente se hace ese tipo de operación (tomeados o soldaduras).

El Lay-Out por producto o en línea, es aquel en el cual un producto se produce en un área. Si el producto es normalizado y fabricado en grandes cantidades es, evidentemente, el más conveniente. Es el utilizado para la fabricación de automóviles, artículos y empresas manufactureras similares, que se caracterizan por la producción en masa.

La mayoría de las fábricas, han adoptado un sistema híbrido.

A continuación enumeraremos las principales ventajas de ambos métodos.

1.- Ventajas por Proceso.

- A. Menores inversiones en máquinas debido a la menor duplicación de las mismas.
- B. Mayor flexibilidad. Se asignan los trabajos de acuerdo a las disponibilidades.
- C. Los supervisores y capataces se hacen especialistas en su área, lo cual redundará en una mejor calidad. Los operarios son mecánicos más que obreros.
- D. Los costos de producción, dentro de series pequeñas, se mantienen bajos.
- E. La falla de algún equipo no para todas las actividades siguientes pues el trabajo puede pasar a otra máquina sin alterarse mayormente la programación.

2.- Ventajas por Producto.

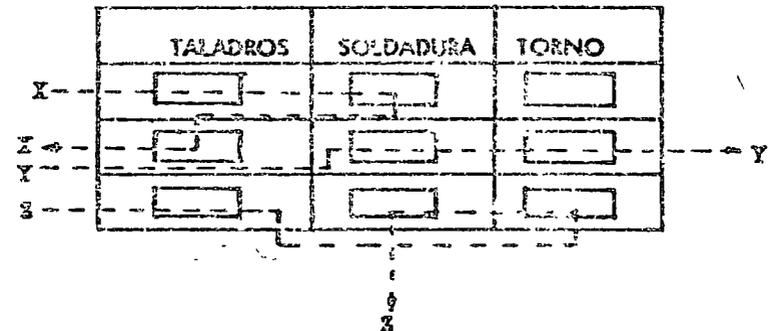
- A. El recorrido del trabajo se hace mediante rutas mecánicamente directas que disminuyen el tiempo y las demoras en la producción.
- B. Menor movimiento de materiales en virtud de las menores distancias entre puestos de trabajo.
- C. Mejor coordinación de la producción debido a la secuencia lógica y ordenada.
- D. Menores cantidades de materiales en proceso.

- E. Menor espacio ocupado por unidad de producción debido a la concentración de la fabricación.
- F. Control de producción simplificado. Menores registros e inspecciones. Pocos órdenes de trabajo. Costos administrativos más bajos.

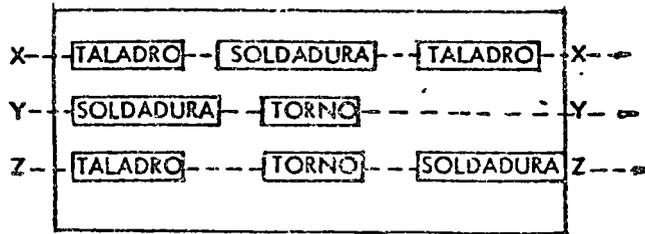
Veamos un ejemplo gráfico para ilustrar claramente la diferencia entre los dos sistemas :

PIEZA	Operación 1	Operación 2	Operación 3
X	Taladro	Soldadura	Taladro
Y	Soldadura	Torno	
Z	Taladro	Torneado	Soldadura

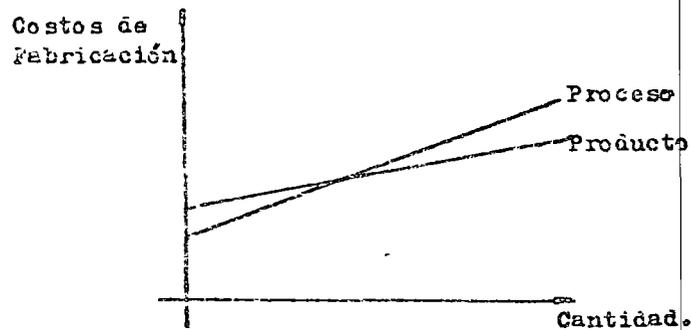
DISPOSICION POR PROCESO.



DISPOSICION POR PRODUCTO



En cuanto a los costos de fabricación, la representación gráfica es la siguiente :



Como norma general se tenderá a utilizar, siempre que sea posible, una disposición por producto o en línea. Existen tres requisitos que deben cumplirse para que sea ventajosa :

1.- CANTIDAD ECONOMICAMENTE JUSTIFICABLE.

Las series de producción deben ser grandes para compensar los mayores gastos iniciales.

2.- POSIBILIDAD DE BALANCEAR LA LINEA.

Si la operación 1 lleva el doble de tiempo que la operación 2, el equipo, el operario y demás factores asociados a la operación

2, estarán desocupados la mitad del tiempo, lo cual resultará muy costoso. Sin querer entrar en la resolución de este tipo de problema, diremos que se resuelva a través de técnicas de Investigación de Operaciones y en casos complejos, mediante el uso de computadoras. Para atacar el problema se necesita como mínimo información sobre :

- A. VOLUMENES DE PRODUCCION
- B. LISTA DE OPERACIONES, SU SECUENCIA Y PORCENTAJE ESTANDAR DE DEFECTUOSOS.
- C. TIEMPOS REQUERIDOS POR CADA OPERACION

Se suele hablar de dos modelos diferentes según se trate del balanceo de una línea de ensamble o del balanceo de una línea de fabricación, si bien en la práctica muchas veces es difícil distinguir entre una y otra.

En el trabajo diario muchos encargados de producción resuelven el problema comenzando por el final de la línea y de acuerdo con los datos mencionados en A, B y C, van progresando en su balanceo hacia el principio de la línea.

Consideremos un ejemplo. Se trata de balancear una línea de producción para obtener 10,000 Kgs. diarios de hilo de algodón. El proceso es :

Limpieza del algodón - Cardado - Estirado - Torcido - Filado -

Sabiendo que al final deben salir 10,000 Kgs/día y con la producción de cada hiladora (supongamos 100 Kgs/día), determinamos que necesitamos 100 máquinas. Conociendo a través del Departamento de Ingeniería Industrial que un operario puede atender, por ejemplo 13 máquinas, determinamos que necesitamos 7.6 operarios. Logicamente tomamos 8 y al que está con menor carga de trabajo se le asignan algunas tareas extras como son limpiezas, lubricaciones, movimientos de materiales, Etc.

Pasamos entonces a torcido donde con el porcentaje estándar de defectuosos de hiladoras (5%), determinamos que deben salir 10,500 Kgs/día. Repitiendo el razonamiento, se determinan máquinas y operarios necesarios.

De esta manera se avanza hacia el principio de la línea hasta completar el balanceo.

Es de hacer notar que el ejemplo se sacó de la realidad industrial, buscando un caso que es un híbrido de disposición de equipos, pues estos se encuentran en una disposición por proceso alineado.

3. CONTINUIDAD DE LA PRODUCCION.

La fluidez de la producción en línea supone que cada operación continua funcionando individualmente, ya que si el movimiento de materiales se detiene en cualquier operación, en la línea no se produciría nada a partir de ese punto. Esto es importante de considerar ya que dificultades menores que pudieran causar una parada de la producción, provocarían dificultades mayores al final.-

ANALISIS PRODUCTOS-VOLUMEN DE PRODUCCION.

Cuando vimos actividades en el Planeamiento dijimos que todo Lay-Out comienza con el análisis de los productos y los volúmenes de producción.

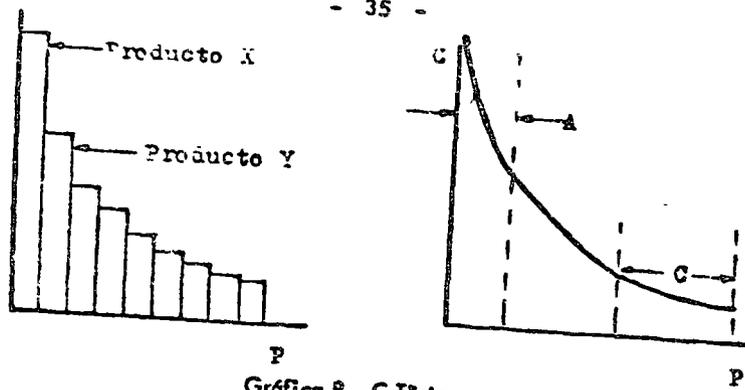
En casi todas las industrias hay una relación desproporcionada entre la variedad de productos fabricados y sus ventas. Es decir que por ejemplo el 20% de la variedad de los productos fabricados representan el 80% de las ventas.

Esta desproporción es bien conocida por analistas de mercado y tiene en el caso de control de producción una gran importancia en especial en Control de Inventarios y por ello se han desarrollado técnicas como la Regla 20/80, el Método ABC, Etc., que tienen en cuenta las relaciones volumen-variedad. Para el encargo del Lay-Out este análisis tiene también un significado específico ya que constituye la base para decidir el tipo de Lay-Out que se instalará, es decir, si se basará en una línea, en una distribución por proceso o en un sistema mixto.

Generalmente este análisis consiste en :

1. Dividir o agrupar los diferentes productos, partes o materiales.
2. Clasificarlos en orden de volumen decreciente no acumulativo.

A fin de visualizar estos datos se usa una gráfica denominada P - C.



Gráfica P - C Típica.

El gráfico P-C típico se aproxima a una hipérbola asíntotica hacia los ejes. En general las cantidades no se expresan en dinero sino en volumen, piezas, peso, Etc.

El gráfico P-C muestra una relación fundamental en el Lay-Out a planearse. En el extremo izquierdo grandes cantidades de pocos artículos. Ello nos está recomendando métodos de producción en masa como son las disposiciones por producto. En el otro extremo, grandes cantidades de artículos que se fabrican en volúmenes pequeños.

Ello nos indica como más adecuada, métodos de disposiciones por proceso. Además, la parte izquierda nos recomienda usar equipos de movimiento de materiales automáticos y especializados, mientras que para los productos de la derecha tendrían que ser más flexibles y universales.

Como consecuencia de esto, tenemos que la producción puede dividirse en dos tipos principales y resulta más conveniente realizar dos disposiciones de equipo, que un Lay-Out general.

En cuanto a los productos comprendidos en la zona media se deberá hacer un híbrido como ser una línea de producción modificada.

En consecuencia, el análisis Producto-Cantidad lleva a la separación de los departamentos de producción en 2 tipos.

- 1.- Productos de alta producción y poca variedad.
- 2.- Productos de baja producción y gran variedad.

En el análisis y trazado de la curva P-C se sobresiente que estamos hablando de productos o procesos que no son enteramente desiguales. Es decir, que no haremos un estudio de este tipo mezclando televisores y zapatos por ejemplo.

Algunas industrias, entre las que podemos citar la automotriz, han logrado gran diversidad de productos no obstante tener métodos de producción normalizados. Los cambios consisten en color, accesorios, vestiduras, ornamentos, marcas, Etc. No debemos olvidar que el automóvil según los psicólogos, es una continuación de nuestra personalidad. Recordamos sin mayor esfuerzo que decimos "los frenos me andan mal", "Se me rompió el espejo". Siendo así, es evidente que todos deseamos un coche que no sea exactamente igual al resto. En consecuencia lo que hacen las empresas de automóviles es cambiar algo, que si bien no afecta el valor económico de la cosa, si cambia el valor de estima y no afectan la disposición de la planta.

En el gráfico P-C esto significa mover artículos desde la zona C a la zo-

na A, con lo que los incrementos resultantes en cantidades, justifican no sólo una producción en línea sino también una extensa automatización.

Al planear las disposiciones sobre la base de la curva P-C deben considerarse dos factores :

- 1.- Cambios que afecten la cantidad.
- 2.- Cambios en los productos que afecten el diseño.

Los cambios en la cantidad pueden preverse fácilmente mediante una extrapolación de las curvas de venta o producción.

Los cambios de diseño si bien no pueden preverse a muy largo plazo, debe suponerse que no afectarán mayormente al Lay-Out en un tiempo prudencial.

De todas maneras y por ambas causas, siempre es preferible dejar un margen suficiente para futuras ampliaciones o cambios de diseño que constituye en el fondo una razonable flexibilidad.

=====

Veremos a continuación dos procedimientos para facilitar la ubicación de las máquinas o de los departamentos. Cada caso en particular, indicaré cuando pueda usarse uno u otro. No debemos olvidar que el Lay-Out es tanto un arte como una ciencia y que la aplicación del sentido común debe estar siempre presente en el analista. Tampoco debemos olvidar los millones de Hrs. hombre que se pierden anualmente por disposiciones inadecuadas.

1. DIAGRAMA DE BLOQUES.- Es un procedimiento que se utiliza para las disposiciones por proceso. Por ejemplo consideremos la fabricación de 3 productos :

Producto / Operación	A	B	C
1	Torno	Fresadora	Torno
2	Fresadora	Pulido	Fresadora
3	Pulido	Torno	Torno
4	Taladro	Pulido	Taladro
5	Fresadora	Fresadora	Fresadora
6	Inspección	Inspección	Inspección

Los tres productos salen del almacén de Materia Prima y luego de la inspección van al almacén de Productos Terminados.

A continuación se asigna un número a cada departamento. En nuestro caso (1) Almacén de Materia Prima, (2) Torno, (3) Fresado (4) Pulido (5) Taladro (6) Inspección (7) Almacén de Producto Terminado.

Se hace a continuación un cuadro que se llama de Secuencia.

Producto	Secuencia								Volumen en Unidades equivalentes.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A	1	2	3	4	5	3	6	7	1
B	1	3	4	2	4	3	6	7	3
C	1	2	3	2	5	3	6	7	2

Luego se construye un cuadro Sumario. Es del tipo

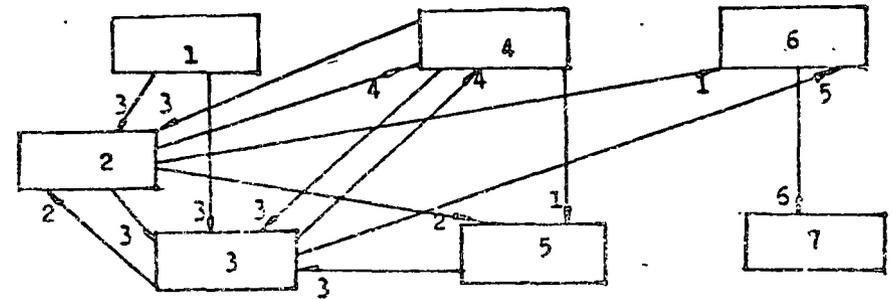
De	Sector			
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				300

Esto indica que del sector 2 al sector 4, deben transportarse 300.

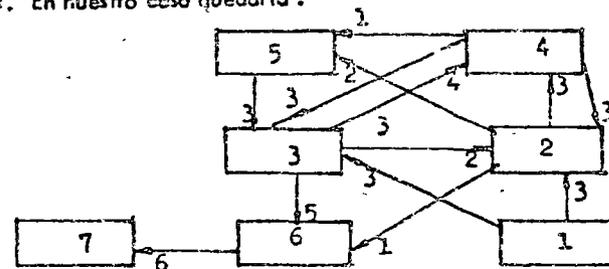
En nuestro caso el cuadro queda :

DE	1	2	3	4	5	6	7
1	XX	-	-	-	-	-	-
2	3	XX	2	3	-	-	-
3	3	3	XX	3	3	-	-
4	-	3	4	XX	-	-	-
5	-	2	-	1	XX	-	-
6	-	-	1	5	-	XX	-
7	-	-	-	-	-	-	6 XX

Se pinta un bloque por cada sección que interviene, se los numera al azar y se indica el tráfico entre secciones.



Se busca entonces, ubicar los bloques tratando de minimizar los movimientos. En nuestro caso quedaría :



El último paso es el verificamiento físico de las cosas. Recordar que el Departamento 1 y 7 deberán tener fácil comunicación con el exterior.

ii) DIAGRAMA PROGRESIVO. Ejemplo de una planta con un solo acceso y con los siguientes departamentos.

- 1). Almacén de Materia Prima.
- 2). Almacén de Producto Terminado.

- 3). Sector A. Gaseoso que afecta la materia prima pero no al producto terminado.
- 4). Sector B. Mantenimiento crítico.
- 5). Sector C. Tiene que estar en continuo contacto con laboratorio.
- 6). Sector D. Administración.
- 7). Sector E. Laboratorio.
- 8). Sector F. Mantenimiento planeado.

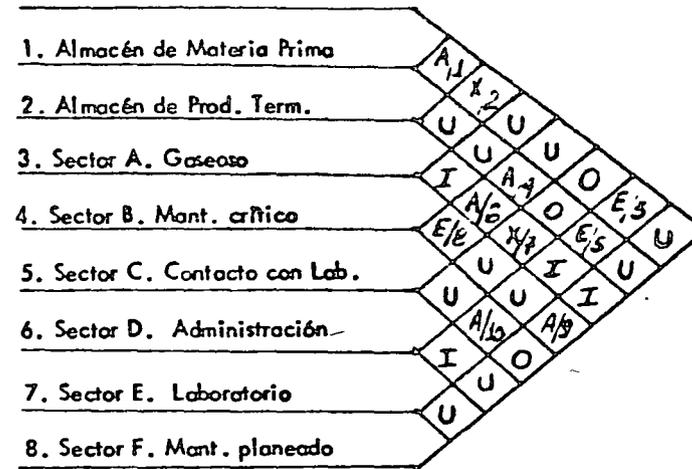
El proceso es 1 - 3 - 5 - 2

DEFINIMOS RELACIONES :

- °A = Absolutamente necesario que estén cerca.
- °E = Especialmente importante que estén cerca.
- I = Importante que estén cerca.
- O = Importancia ordinaria.
- V = Sin importancia.
- °X = Necesario que estén lejos.

* Son relaciones críticas. Se deberá explicar el motivo por el cual se les consideró así.

A continuación llenamos un cuadro de Relaciones interdepartamentales.

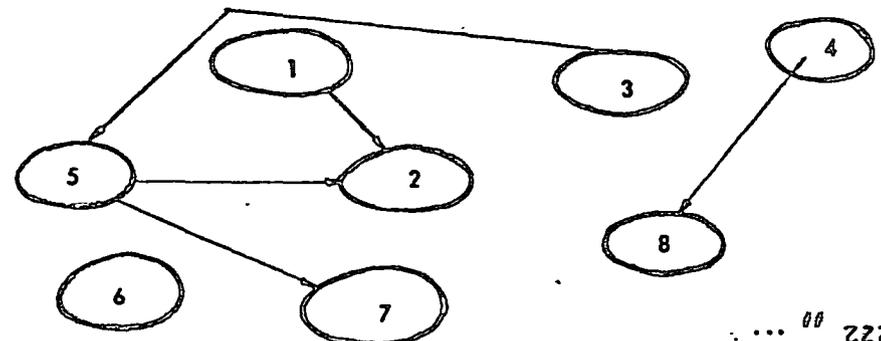


Los números debajo de las relaciones críticas, por ejemplo A/1, se usan para explicar por qué se le considero así.

En nuestro ejemplo :

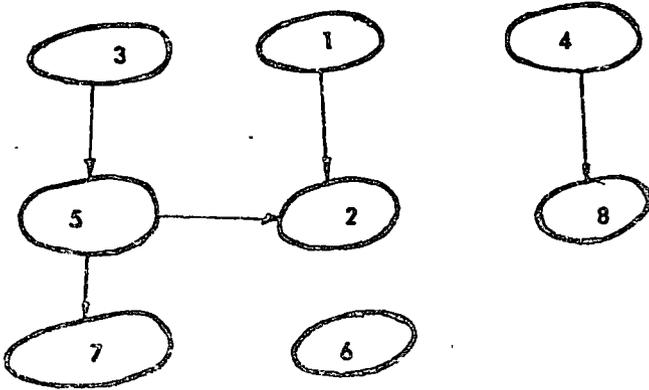
1. Es así debido a que la planta tiene un solo acceso y por lo tanto será -- conveniente que los almacenes estén cerca entre sí y cerca del único -- acceso.

Luego ubicamos círculos al azar (uno representando cada sección) e introducimos las relaciones Tipo A.



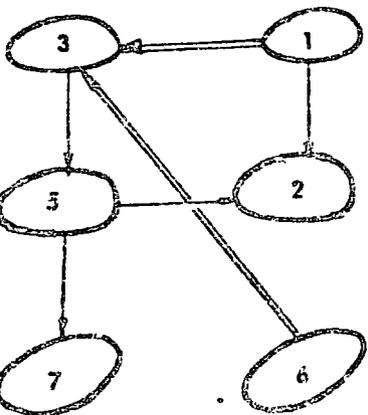
El segundo paso consiste en reordenar según A. (En nuestro caso acercamos el 3 y 7 al 5 y el 8 lo mantengo cerca del 4).

Nos queda :

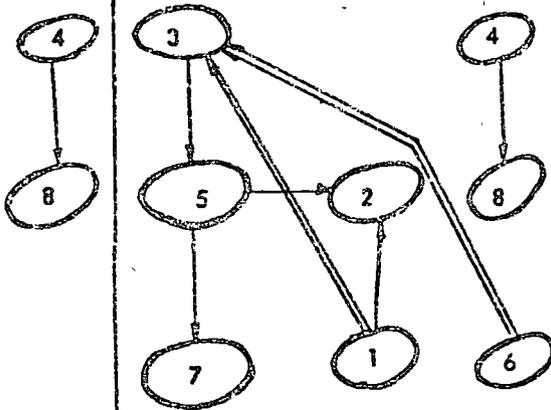


El tercer paso consiste en introducir en la figura anterior las relaciones tipo X (líneas dobles) y el cuarto paso es reordenar según X. Nos queda :

Introducción Relac. Tipo X



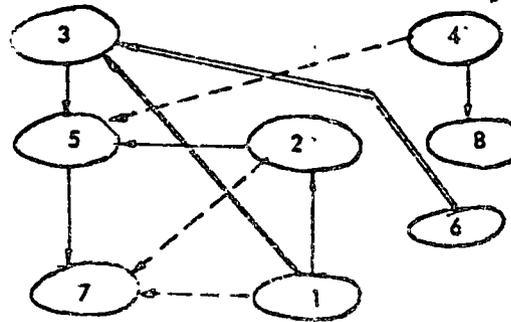
Reordenar Según X.



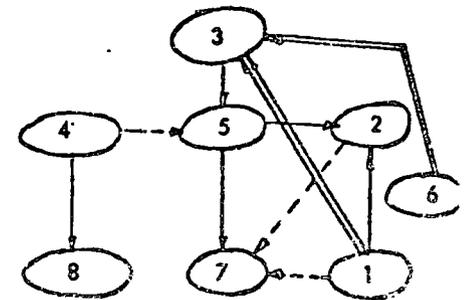
... ##
223

Luego introducimos las relaciones Tipo E y reordenamos según ellas manteniendo por supuesto las restricciones de las relaciones A y X).

Introducción Relac. Tipo E.



Reordenar Según E.



Luego seguimos con las relaciones tipo I y O, que en general no se hacen, pues no permiten mejorar debido a las restricciones ya impuestas.

Posteriormente se ubican geográficamente los sectores, con sus dimensiones reales y de acuerdo con el último diagrama obtenido. Se deberá realizar el recorrido de materia prima para constatar que no haya incongruencias.

Como todo esto es bastante subjetivo, se hace un análisis de las alternativas posibles.

Los factores que se analizan son : Control, Supervisión, Seguridad, Etc. A cada uno de estos factores se les da una calificación de 1 a 4 en función de su importancia. Por ejemplo si el aspecto control es muy importante, le damos un peso de 4. Si la seguridad no es problema, la damos un peso de 1. A su vez, -

... ##
224

calificamos, para las diferentes alternativas, que tanto cumplen, por ejemplo, con la facilidad de control. Si es una disposición óptima en ese sentido, le -- asignamos 4 puntos, 3 puntos si es buena y así decreciendo.

Veamos una tabla de ejemplo :

FACTOR	PESO	DISPOSICION A	DISPOSICION B
Control	4	4 16	3 12
Supervisión	3	2 6	2 6
Seguridad	3	2 6	2 6
SUMA		28	24

De acuerdo con esta tabla; será más conveniente la dispsoición A.

El proceso para su realización, consiste en multiplicar el peso del fac-- tor por la calificación que le asignamos.

AGREGAR METODO CRAFT.

MODELOS DE DISTRIBUCION BI Y TRIDIMENSIONALES.

Son de gran utilidad práctica pero debe entenderse que dichos modelos -- deben estar basados en cálculos técnicos perfectamente desarrollados y que, por lo tanto, no son más que una visualización de ellos. Podemos realizar plantillas de máquinas, equipo de movimiento de materiales, personal o materiales.

Las ventajas más importantes son :

- 1.- La gran flexibilidad que presentan y de ahí su ventaja sobre el -- dibujo común.
- 2.- Facilidad de visualización sobre todo para personas no técnicas -- que muchas veces son las que deciden.

Hay estándares sobre su realización hechas por A.S.M.E. (American -- Society of Mechanical Engineers), en donde se describen colores, escalas más -- apropiadas, tipos de líneas, Etc. Dichas normas pueden consultarse en el libro de Moore, citado en la bibliografía.

En compañías importantes donde hay un Departamento que se dedica a -- estudiar continuamente las disposiciones, se hacen plantillas de todos los depar-- tamentos, máquinas e instalaciones.

Los tableros que contienen las plantillas suelen hacerse modulares a efec-- tos de poder sacar cualquier sección que interese en su momento dado.

Los modelos tridimensionales si bien permiten una mayor visualización, -- tienen el inconveniente del costo y la laboriosidad.

BIBLIOGRAFIA SOBRE EL TEMA :

- Richar Muther : "Practical Plant Lay Out", Mc. Graw Hill, 1965.
 Alford y Bangs : "Manual de la Producción" U.T.E.H.A. México, 1965.
 Moore James M. : "Plant Design and Lay Out", The Mac Millan Company, 1962.





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



TEMAS IMPORTANTES DE INGENIERIA INDUSTRIAL

BALANCEO DE LINEAS

ING. JUAN JOSE DI MATTEO C.

FEBRERO, 1978.



BALANCEO DE LINEAS.

Al tratar el tema de Disposición de Equipos (LAY-OUT), dijimos que uno de los requisitos para establecer una línea era que la misma fuera balanceada. Esto significa que si la operación 1 lleva el doble de tiempo que la operación 2, el equipo, el operario y demás factores asociados a la operación 2, no podrán estar desocupados la mitad del tiempo, pues ello resulta costoso.

Existen muchos modelos de Balanceo de líneas. En casos complejos el problema se resuelve mediante el uso de computadoras. Para atacar el problema se necesita como mínimo información sobre :

- a).- Volúmenes de Producción.
- b).- Lista de operaciones, su secuencia y porcentaje de defectuosos.
- c).- Tiempos requeridos por cada operación.

Veremos aquí dos casos de balanceo de líneas, que son las más comunes.

PRIMER CASO.

Este consiste en resolver el problema comenzando por el final de la línea, y de acuerdo con los datos necesarios para balancear, mencionados renglones arriba, se va progresando en el balanceo hacia el principio de la línea.

Veamos el siguiente ejemplo. Se trata de balancear una línea de producción para obtener 10,000 Kg. diarios de hilo de algodón. El proceso es el siguiente:



Sabiendo que al final deben salir 10,000 Kg/día y con la producción de cada hiladora (supongamos 100 Kg/día), determinamos que se necesitarán 100 máquinas. Conociendo a través del Departamento de Ingeniería Industrial que un operario puede atender, por ejemplo 13 máquinas, determinamos que necesitamos

7.6 operarios. Lógicamente que se tomarán 8, y al que esté con menor carga de trabajo se le asignarán algunas tareas extras como son lubricaciones, movimiento de materiales, limpiezas, etc.

Pasamos entoncés a torcido donde con el porcentaje estándar de defectuosos de hiladoras (5%), determinamos que deberán salir 10,500 Kg/día. Repitiendo el razonamiento, se determinan máquinas y operarios necesarios.

De esta manera se avanza hacia el principio de la línea hasta completar el balanceo.

Es de hacer notar que el ejemplo se sacó de la realidad industrial, buscando un caso que es un híbrido de disposición de equipos, pues estos se encuentran en una disposición por proceso alineado.

Segundo caso .

El caso más sencillo, y a la vez el más frecuente es aquel en el cual varios operarios, cada uno llevando a cabo operaciones consecutivas, trabajan como una sola unidad.

Por ejemplo, tomemos una línea de 8 operarios.

Operación No.	Tiempo ST. [min/pza]
1	1.25
2	1.38
3	2.58
4	3.84
5	1.23
6	1.24
7	2.28
8	1.26

Se necesita fabricar 700 pzas./día en un turno de 8 horas. En consecuencia, cada pieza deberá fabricarse en :

$$\frac{480}{700} = 0.685 \text{ minutos/pza.}$$

Por lo tanto el número de operarios requeridos en cada puesto se calcula de la siguiente manera :

Operación No.	Tiempo ST	Tiempo ST/0.685	No. de Operarios
1	1.25	1.82	2
2	1.38	2.01	2
3	2.58	3.77	4
4	3.84	5.60	6
5	1.23	1.80	2
6	1.29	1.88	2
7	2.28	3.32	3
8	1.26	1.84	2

Ahora bien, ocurre normalmente que los tiempos estándar no son cumplidos por algún puesto de la línea, o por toda línea. Aparece entonces lo que se llama Eficiencia (E) de la línea que es el cociente formado por :

$$E = \frac{\text{Mts. estándar}}{\text{Mts. reales.}}$$

Si por ejemplo determinamos que E = 80%, entonces, debemos balancear la línea de acuerdo a los nuevos tiempos :

Operación No.	Tiempo ST	Tiempo Real=Tiempo ST/E	MR/0.685	No. Operarios
1	1.25	1.56	2.28	2
2	1.38	1.72	2.52	3
3	2.58	3.225	4.70	5
4	3.84	4.80	7.00	7
5	1.27	1.59	2.25	2
6	1.29	1.61	2.35	2
7	2.28	2.85	4.16	4
8	1.26	1.58	2.31	2

Para ver cuál es la operación más lenta, dividimos el tiempo real de cada operación entre el número estimado de operadores para cada una de las 8 operaciones.

Operador	Tiempo Real/No. Operadores
1	1.56/2 = 0.78 minutos
2	1.72/3 = 0.57 "

3	3.225/5 = 0.64 minutos	
4	4.8/7 = 0.68 "	
5	1.54/2 = 0.77 "	
6	1.61/2 = 0.805 "	← Operación más lenta.
7	2.85/4 = 0.71 "	
8	1.58/2 = 0.79	

En consecuencia la operación 6 determinará la velocidad de la línea que en este caso será :

$$\text{Velocidad de la línea} = \frac{480}{0.805} = 596 \text{ piezas.}$$

Si esta velocidad no resultara adecuada, tendríamos que aumentar la velocidad de producción de la operación número 6. Ello puede lograrse de las siguientes maneras :

1.- Haciendo que uno de los dos operarios trabaje horas extras. Como faltan 104 piezas, se necesitan :

$$104 \times 0.805 = 83.7 \text{ minutos de tiempo extra.}$$

2.- Utilizando los servicios de un tercer hombre (a medio tiempo) en el puesto No. 6

3.- Mejorando el método de la operación No. 6 para disminuir su ciclo de trabajo.

PROBLEMA DE APLICACION.

En un proceso compuesto de seis distintas operaciones, es necesario producir 250 unidades cada 8 horas. Los tiempos estándar son :

Operación No. Tiempo ST.

1	7.56 minutos/pz
2	4.25 "
3	12.11 "
4	1.58 "

5	3.72 minutos
6	8.94 "

PREGUNTAS :

- 1.- ¿Cuántos operarios se necesitan para que la línea cumpla con sus tiempos estándares?
- 2.- ¿Cuántos operarios se necesitan si la eficiencia requerida es del 85%.
- 3.- En este último caso, ¿cuál será la operación más lenta? ¿cuál su producción? y ¿cómo puede solucionarse el problema?

SOLUCION :

Cada pieza deberá producirse en : $\frac{480}{250} = 1.92 \text{ min./pza.}$

TABLA DE RESULTADOS :

Operación No.	T.S.T.	TST/1.92	No. Operarios con E=100%	T.R.=T.ST/E	T.R./1.92	No. Op. E=0.85
1	7.56	3.94	4	8.89	4.63	5
2	4.25	2.21	2	5	2.60	3
3	12.11	6.31	6	14.25	7.42	7
4	1.58	0.82	1	1.86	0.97	1
5	3.72	1.94	2	4.38	2.28	2
6	8.44	4.40	4 ó 5	9.93	5.17	5

Operación más lenta con E = 0.85

Operación No. T.R/Mo. OP.

1	$8.89/5 = 1.78$	
2	$5/3 = 1.67$	
3	$14.25/7 = 2.04$	
4	$1.86/1 = 1.86$	
5	$4.38/2 = 2.19$	← Operación más lenta.
6	$9.93/5 = 1.99$	

Producción de la Op. más lenta = $\frac{480}{2.19} = 220 \text{ pzas./turno.}$



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 promediado 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 pasadas 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 relaciona -- da 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. re -- presentan el conocimiento acumulado a lo largo de años por quienes han prac -- ticado estas actividades tanto en la industria como en el comercio.

- 1.- Planeamiento : Se deben planear las actividades de manipuleo y alma -- cenaje 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, 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.

- 1.- 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 que -

son : 1, 2, 3 y 8.

1.- TRANSPORTADORES CONTINUOS .- Genéricamente un transportador continuo se define como "un dispositivo horizontal, inclinado o vertical, concebido y construido 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 continuos 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 continuos 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 continuas). | | |

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

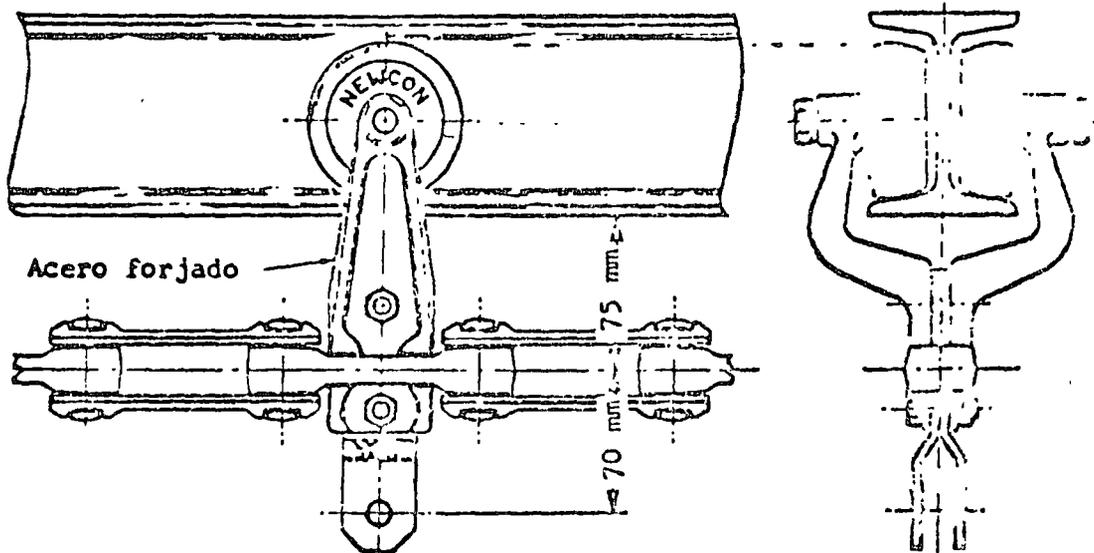
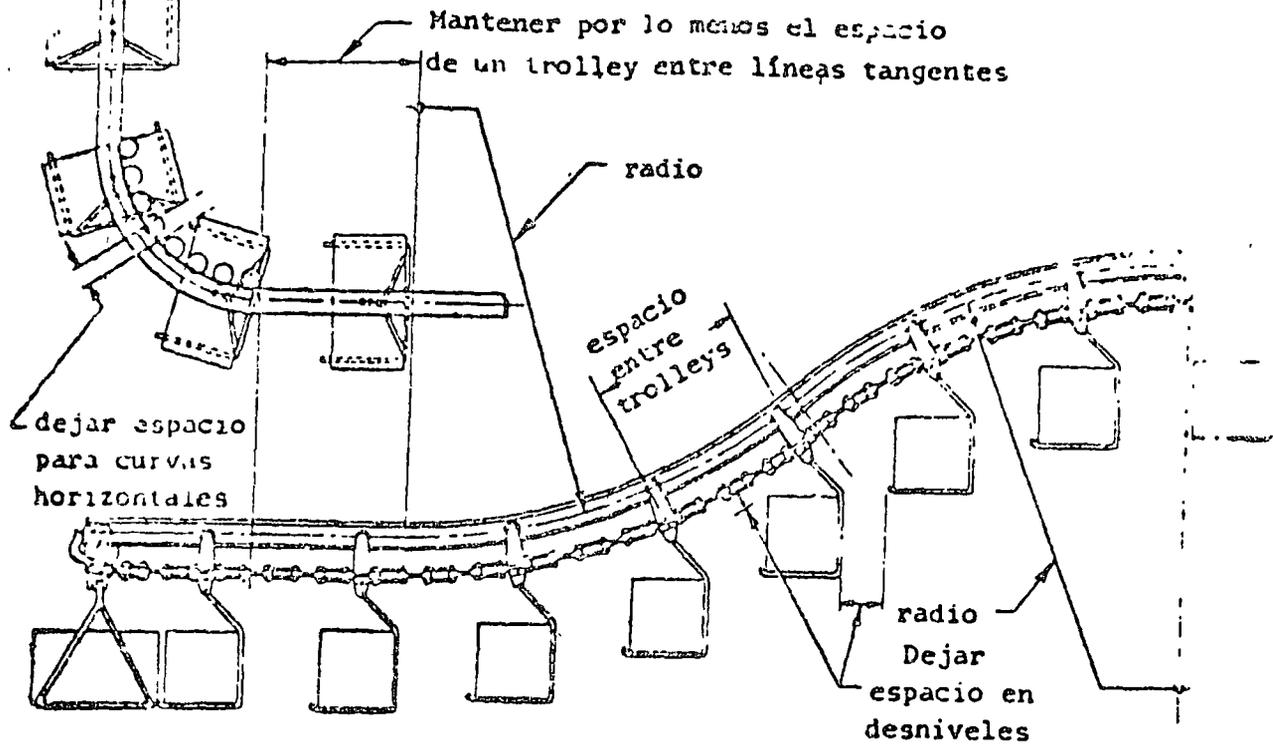
Se usan cuando se mueven cargas individuales con mucha frecuencia, - siendo su aplicación más definida en los siguientes casos :

- 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 - pueda 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.

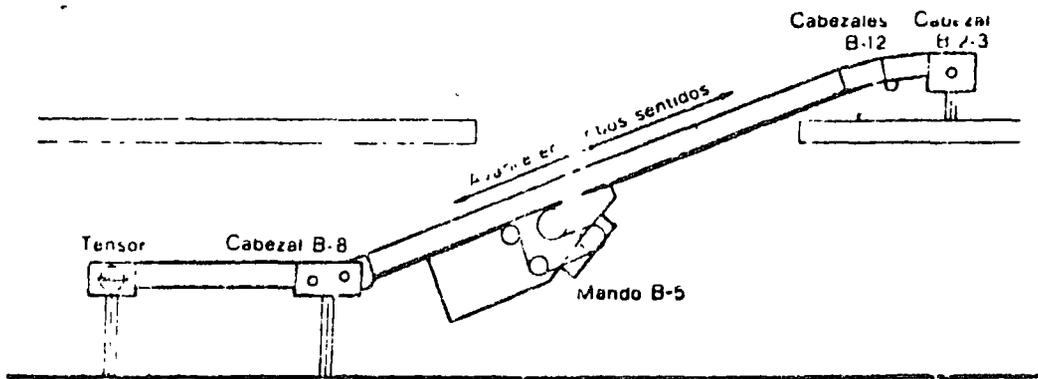
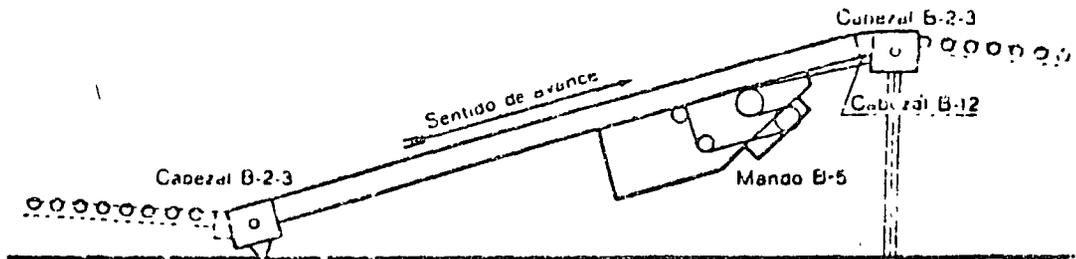
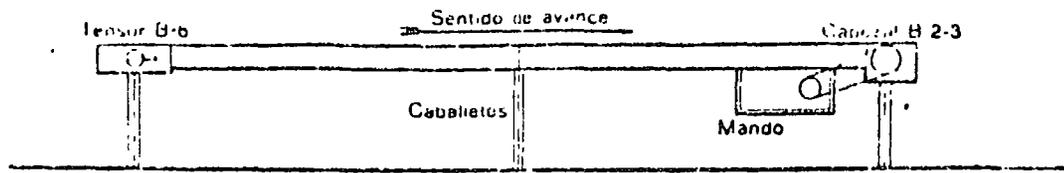


2.- CINTAS TRANSPORTADORAS : Este grupo comprende los equipos utilizados para mover cargas discretas como son : paquetes u objetos sobre una cinta generalmente de superficie plana y a lo largo de una trayectoria horizontal o inclinada. No incluye los equipos para transportes a granel, que en parte se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

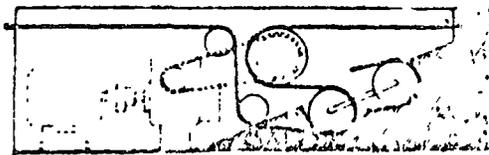
La superficie de acarreo es accionada por tracción mediante una polea motriz apoyarla en rodillos. Son de uso muy general debido a su baja inversión y poco costo operativo. La única limitación la constituye el hecho de que el material no debe dañar a la cinta. Las cintas se construyen de tela, hule, 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.

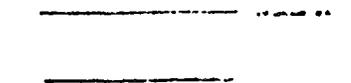
En cuanto a velocidades, el rango es muy grande pudiendo ir desde 15 cms/min. hasta varios mts/minuto.



Cintas transportadoras



B5. Mando intermedio

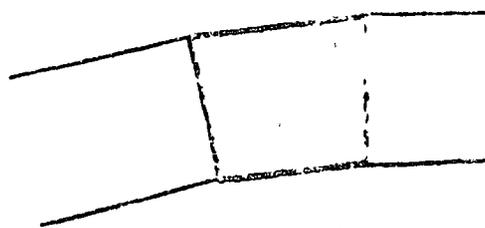


B2-3 B2-7.

Cabezal extremo cinta



B8. Intermedio

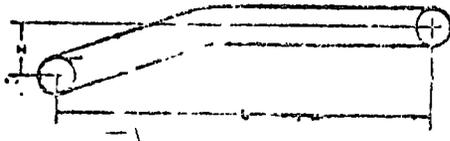


B12. Segmento angular inter...

Cálculo de potencia requerida para una cinta transportadora de bultos *

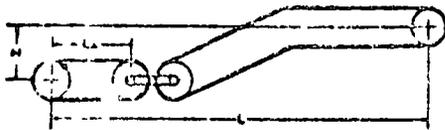
Se aplican las siguientes formulas de potencia requerida en la polea de mando (Forrada con capa de goma) para los casos básicos de mando en cabezal de extremo de cinta, sin aditamentos especiales.

CASO I



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

CASO II



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

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

ADITAMENTO	MANDO	POLEA DE MANDO	COEF.
—	En cabezal B-2	sin forrar	1,0
Tensor intermedio	En cabezal B-2	forrada	1,07
		sin forrar	1,10
—	Intermedio B-5	forrada	1,20
		sin forrar	1,30

La potencia requerida en el motor será:

$$N_{\text{m}} = \frac{N_1}{\eta} \quad \text{siendo } \eta \text{ el rendimiento de la transmisión}$$

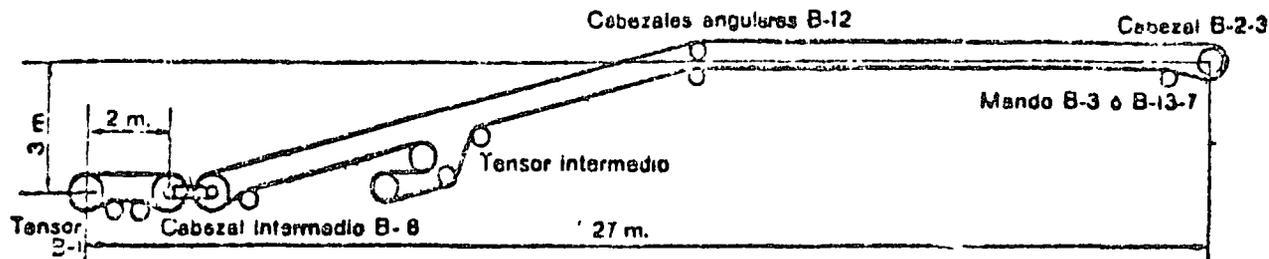
NOMENCLATURA

- 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_t**: 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 3600 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 primera 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:

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

Adoptamos el primer paso Standard Inferior o igual al anterior, es $p = 200 \text{ mm}$, que nos da un peso $q = 14,1 \text{ Kg/m}$.

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):

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

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

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

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:

$$F = \frac{15 \cdot N_t}{v} = \frac{15 \cdot 1,42}{0,3} = 355 \text{ Kg.}$$

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 transportadores 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 únicamente 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 permitiendo 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 inferior los demás descienden automáticamente. En las figuras se describen los principales tipos y sus características.

TRANSPORTADORES A GRANEL. Son los equipos concebidos y construidos para el manipuleo continuo de grandes cantidades de material a granel, 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 :

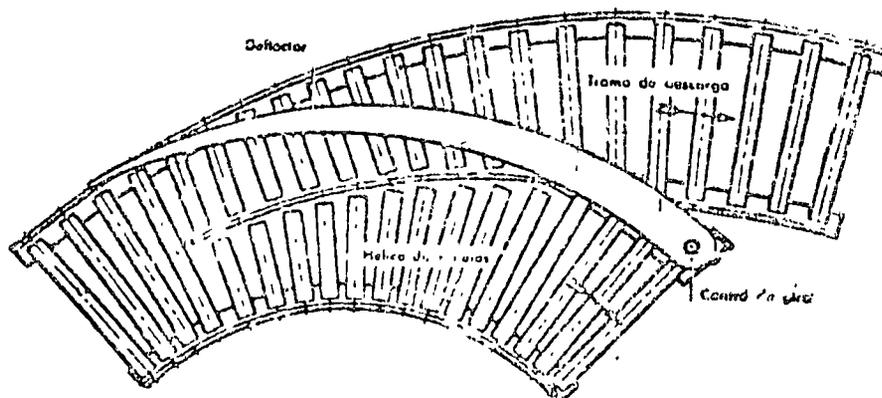
- | | | |
|-------|----------------------------------|---|
| 1a). | Estado Físico de los materiales. | Tamaño de la partícula.
Peso.
Temperatura
Fragilidad
Resistencia a la abrasión
Resistencia a la corrosión.
Etc. |
| | | Carbón
Transporte entre plantas. Piedra
Cal |
| 2do). | Uso a que se destina : | 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:

- 1° Los bultos deben tener una superficie rígida y lisa para el transporte. Los que se deforman acomodándose en los espacios entre rolletes, deben llevarse sobre bandejas. Los bultos con travesaños deben transportarse en forma que estos no se traben con los rolletes.
- 2° El peso de los rolletes elijase 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.
- 3° El largo del rollete determinese, sumando 50 mm. al ancho del bulto. Dimensión A ó A₁ de los dibujos de la pag. 27
- 4° 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.
- 5° 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 transporte por gravedad.
- 6° 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

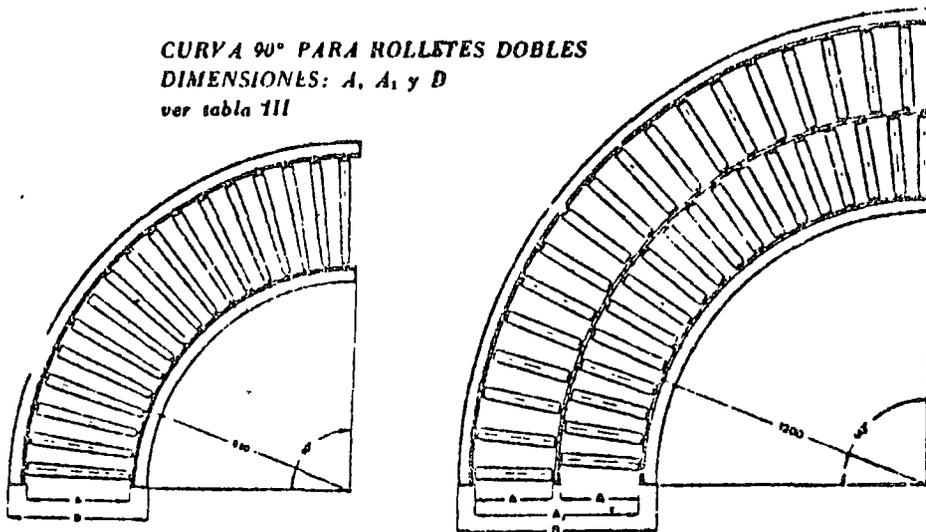
CURVAS

Para cambiar la dirección de transporte 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, A₁ y D
ver tabla III



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

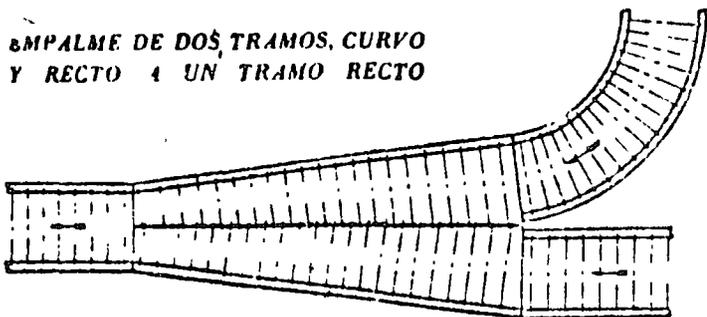
CURVAS CON ROLLETES DOBLES:

Para bultos de 600 mm o más, las construimos como ilustra la figura con dos hileras de rolletes, dispuestas 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.

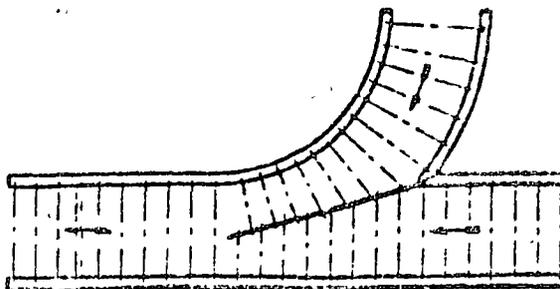
EMPALMES

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 transporte.

EMPALME DE UN RAMAL CURVO A UN TRAMO RECTO



EMPALME DE DOS TRAMOS RECTOS

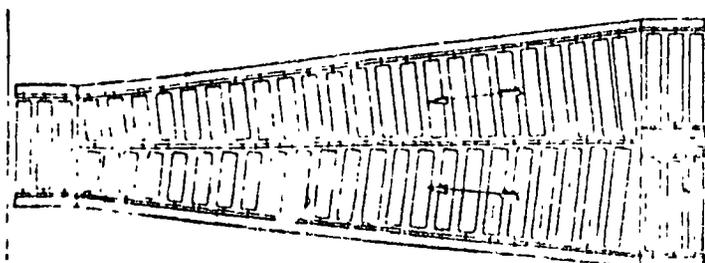


TABLA I

Largo del bulto	175	250	325	400	475	550	625	700	775	850	925			
Paso de los rodillos	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300			
Peso del bulto en	10	Requieren construcción especial										Para Ø 25 Pastor 50x40x5		
	15													
	20													
	30													
	40													
	50													
	60													
	70													
	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	CARGA	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	—	2½	1° 15'

TABLA III

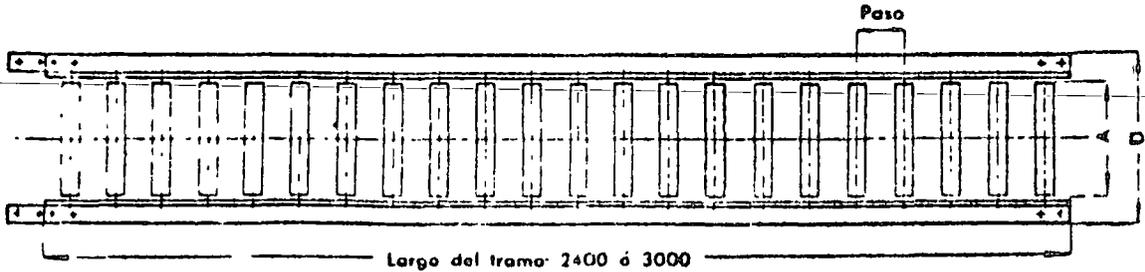
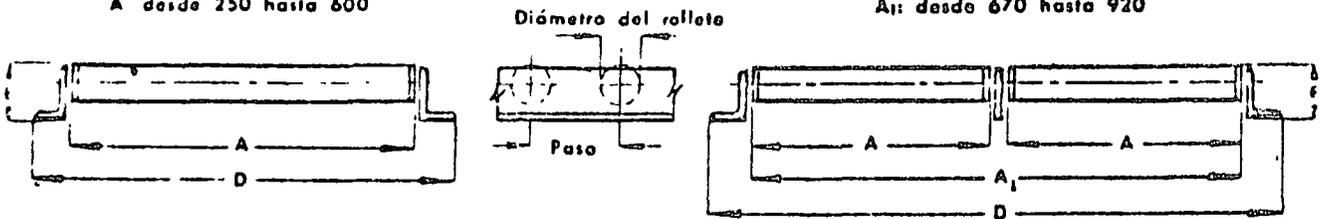
Largo del rollete A		250	300	325	350	375	400	425	450	500	550	600	
D	Bastidor de	L50x40x5	342	392	417	442	467	492	517	542	592	642	692
		L65x50x6											
		L75x50x7	362	412	437	462	487	512	537	562	612	662	712

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

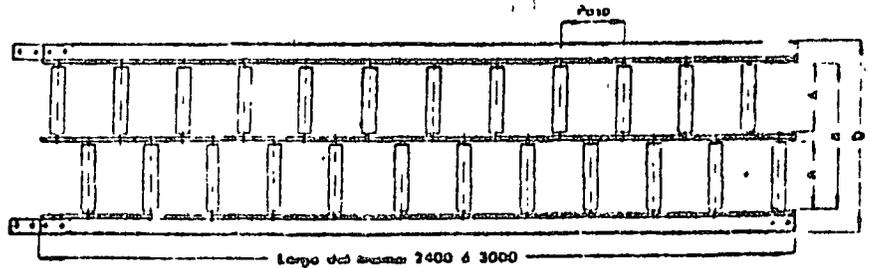
DIMENSIONES DE LOS TRAMOS DE ROLLETES DE GRAVEDAD

A desde 250 hasta 600

A₁ desde 670 hasta 920



Diámetro del rollete	25	50	70
E	54	75	85

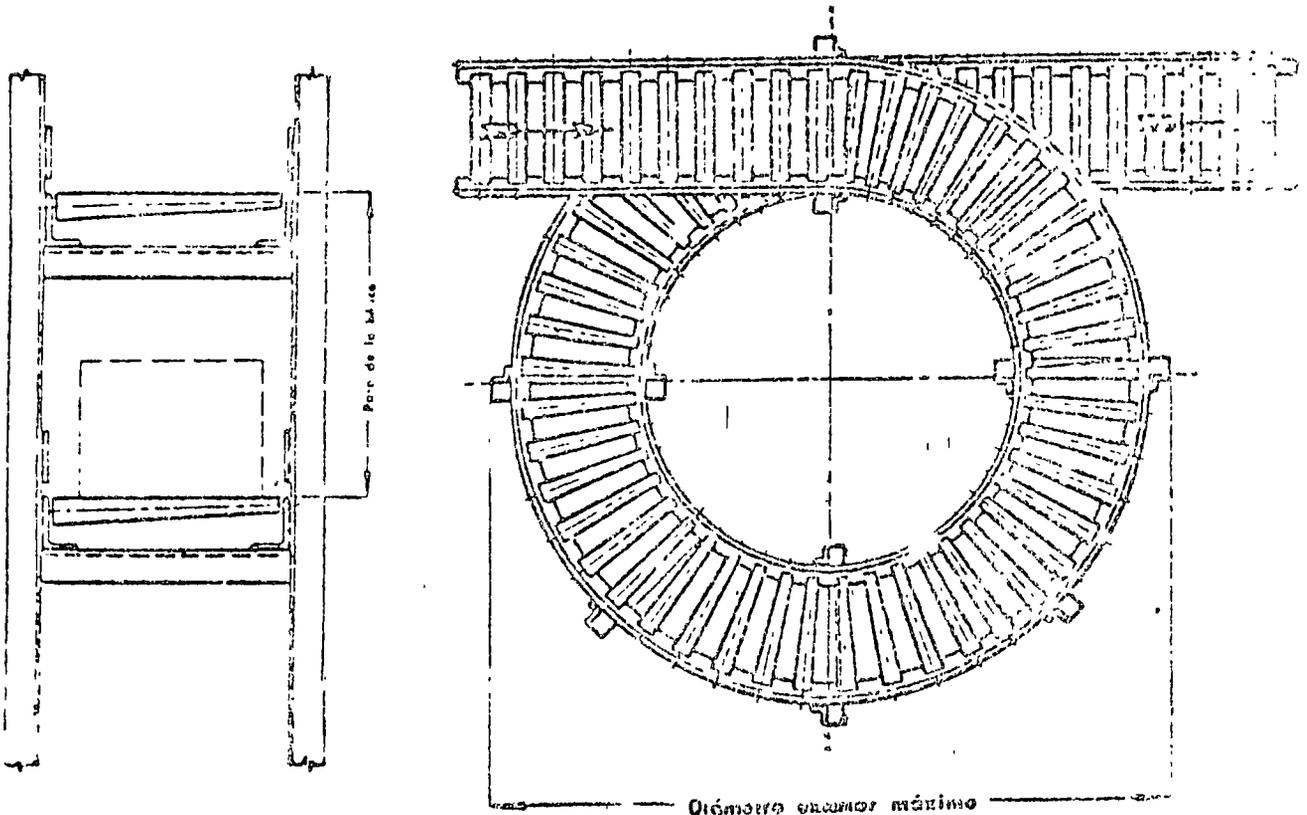


HELICES DE ROLLETES DE GRAVEDAD

Construidas 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 rolleta, 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 arrojarse el piso mediante una canoleta recta que empalme los hélices del piso superior e inferior.

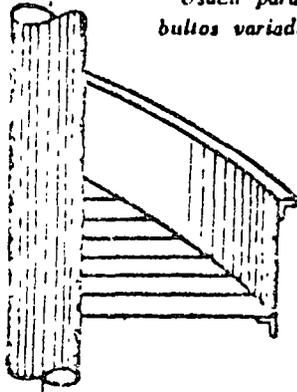


CANALETAS METALICAS HELICOIDALES

SECCIONES DE CANALETA

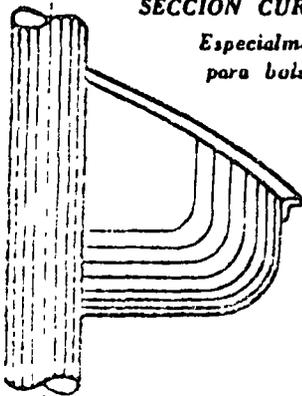
SECCION PLANA

Usada para
bultos variados.

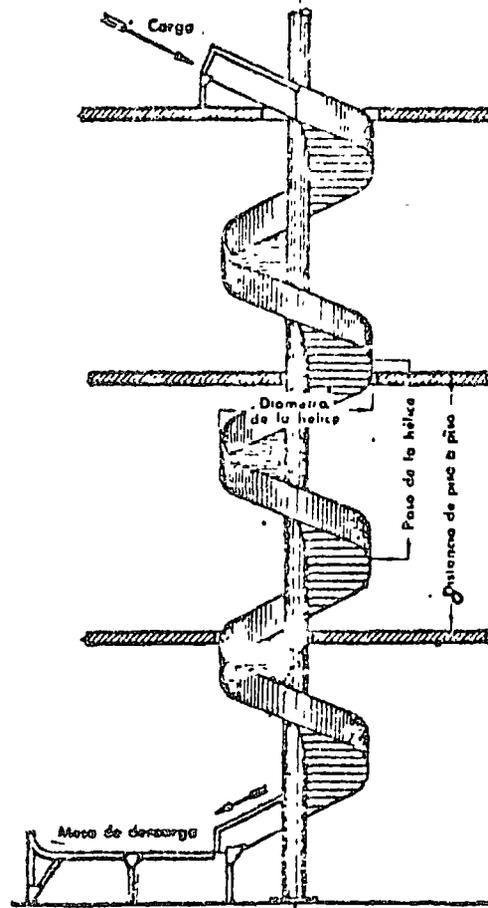


SECCION CURVA

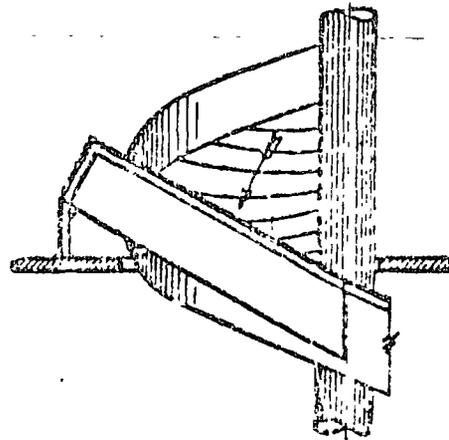
Especialmente
para bolsas.



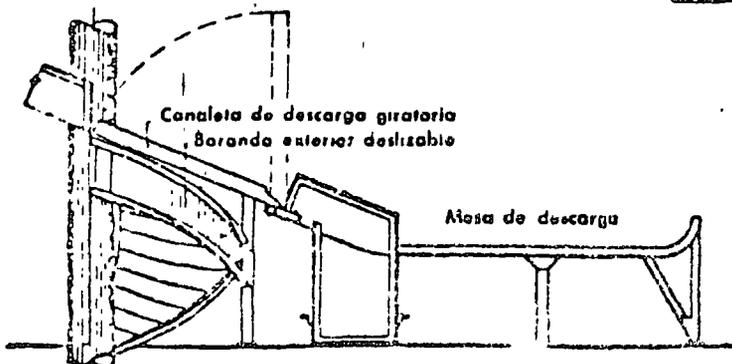
VISTA DE UNA CANALETA



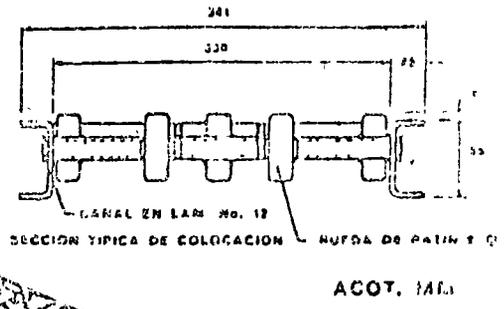
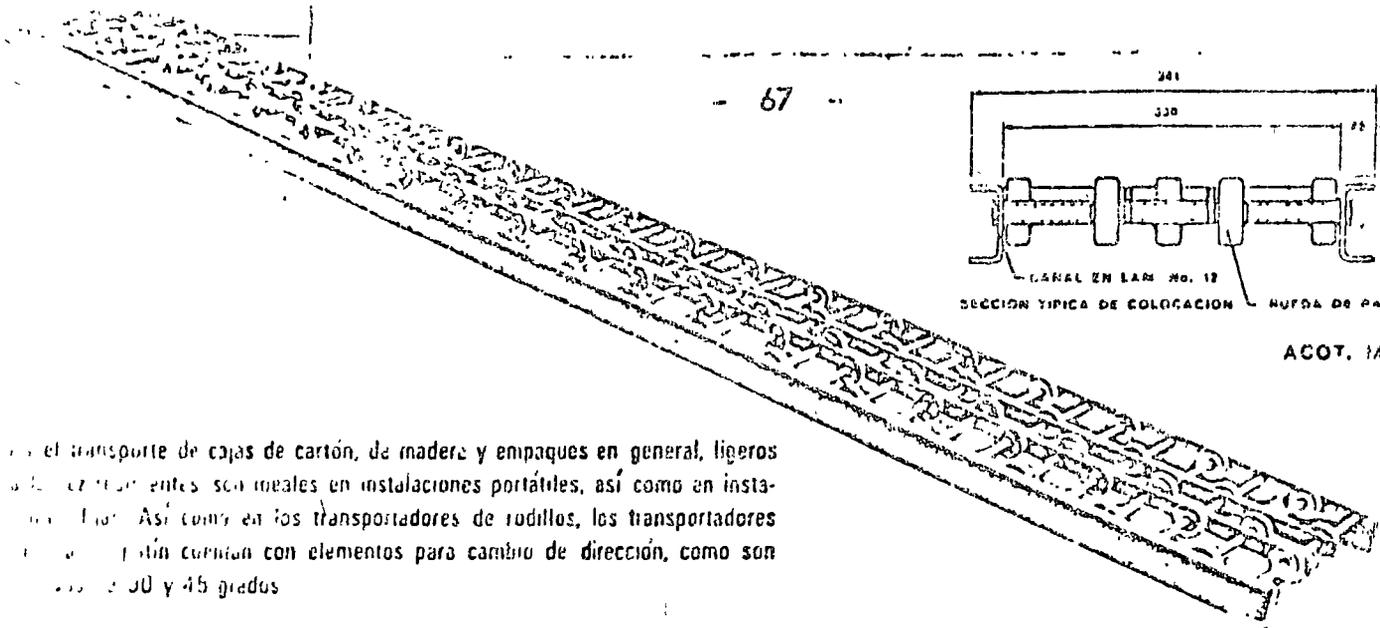
CARGA INTERMEDIA



DESCARGA INTERMEDIA



TRANSPORTADORES DE RUEDAS DE PATIN

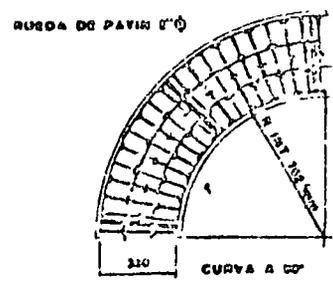
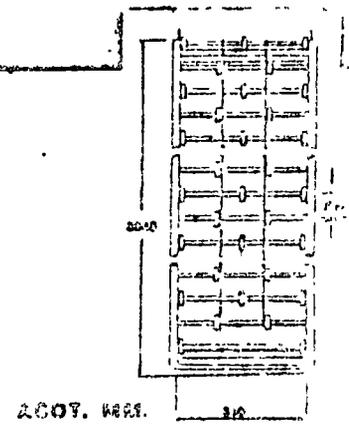
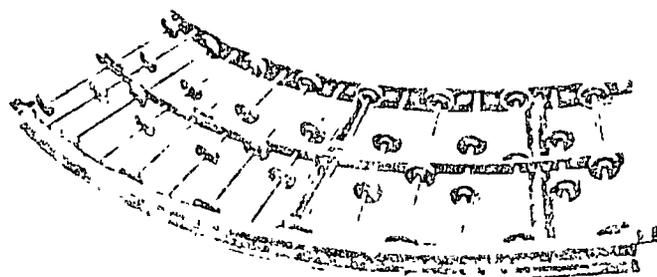


Para el transporte de cajas de cartón, de madera y empaques en general, ligeros y pesados, los transportadores son ideales en instalaciones portátiles, así como en instalaciones fijas. Así como en los transportadores de rodillos, los transportadores de ruedas de patín cuentan con elementos para cambio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

Ala de lam. doblada	Long del tramo	Ancho total	Ruedas por tramo	Distancia entre ejes	Peso total
Cable 12	3.05 m (10')	38 cms (15')	100	7.8 cms.	31 kg.

NOTA - Los transportadores de ruedas de patín se surten también en otras dimensiones y capacidades.

CURVAS DE TRANSPORTADOR DE RUEDAS DE PATIN



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 interno:	Peso total del tramo:
90°	50	767 mm.	18 kg.
45°	25	762 mm.	11 "

Para la instalación de estos transportadores, también se usan los tripies y los apoyos similares a los que se usan en los transportadores de rodillos.



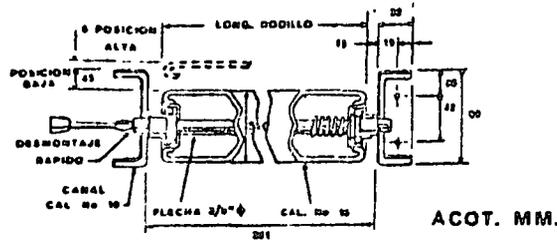
CALLE 45 NORTE 1074 COL INDUSTRIAL VALLEJO • MEXICO 16, D. F.
TEL. 6-07-30-11 APARTADO 13 018

SUCURSAL MONTERREY: AV. CONSTITUCION 735 OTE. • TEL. 43-08-25
SUCURSAL GUADALAJARA: CALZADA GONZALEZ SAENZ 2501 • TEL. 17 16 70
SUCURSAL TOLUCA: AV. LAS AMERICAS 1000 • TEL. 2-74 50

TRANSPORTADORES DE RODILLOS

- 68 -

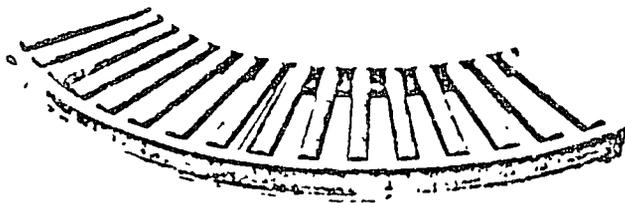
Automatice el manejo de sus materias primas, productos en proceso y productos acabados por medio del uso de transportadores de gravedad. Reduzca sus costos ó incremente sus ganancias al reducir los gastos para carga y descarga de materias. Disponibles en tramos de 3 metros (10'). Son fácilmente manejados 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.



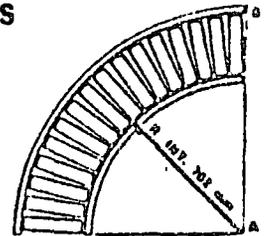
Larg. de lám. doblada:	Long. del tramo:	Ancho total:	Ancho entre Larg:	Long. util del rodillo:	Rodillos emb por tramo:	Distancia entre ejes:	Peso total del tramo:
Calibre 10,	3.05 (10')	44 cms. (17 1/2")	38 cms. (15")	36.5 cms. (14 3/8")	30	10 cms. (4")	89 kg.

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

CURVAS DE TRANSPORTADOR DE RODILLOS



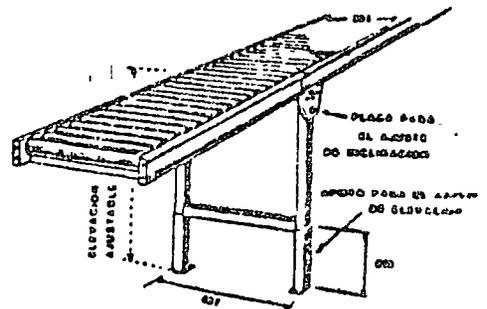
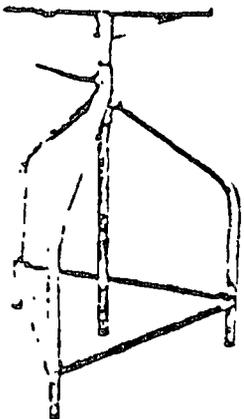
Modelo:	Rodillos embalerados por tramo:	Radio interior	Peso total del tramo:
90°	16	762 mm	30 kg
45°	8	762 mm	15 "



CURVA DE RODILLOS
ACOT. MM.

TRIPES Y SOPORTES PARA TRANSPORTADORES

El peso de los transportadores lo soportan en el caso de instalaciones semifijas, livianos pero resistentes tripés 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 sencillos barrenos en la parte inferior.



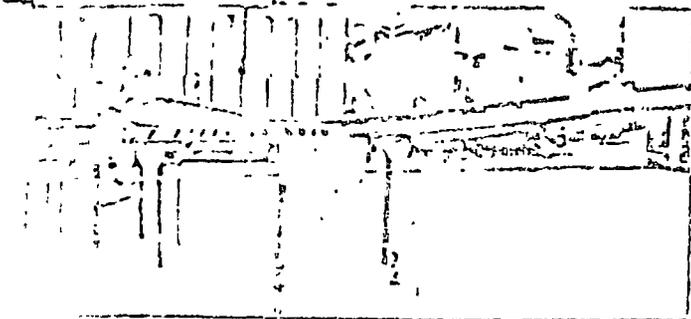
ACOT. MM.

RODACARGA

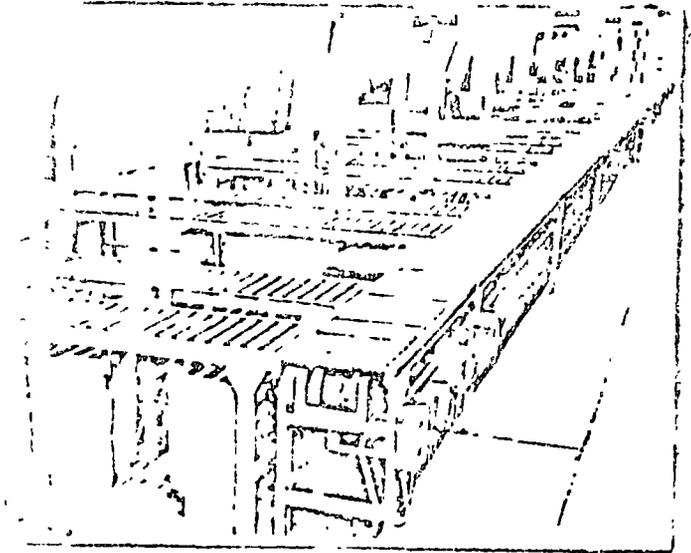
S.A. DE C.V.

CALLE 46 NORTE 1074 COL. INDUSTRIAL VALLEJO • MEXICO 10, D.F.

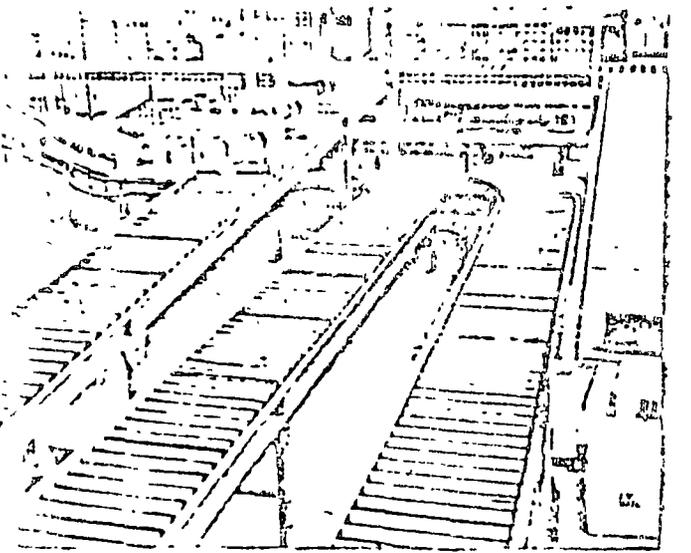
SUCURSAL MONTERREY: AV. CONSTITUCION 735 OTE. • TEL. 43-09-05
SUCURSAL GUADALAJARA: CALZADA GONZALEZ GALLO 2501 • TEL. 17-16-89
SUCURSAL LEON: BLVD. A. LOPEZ MATEOS 800 OTE. • TEL. 9-75-50



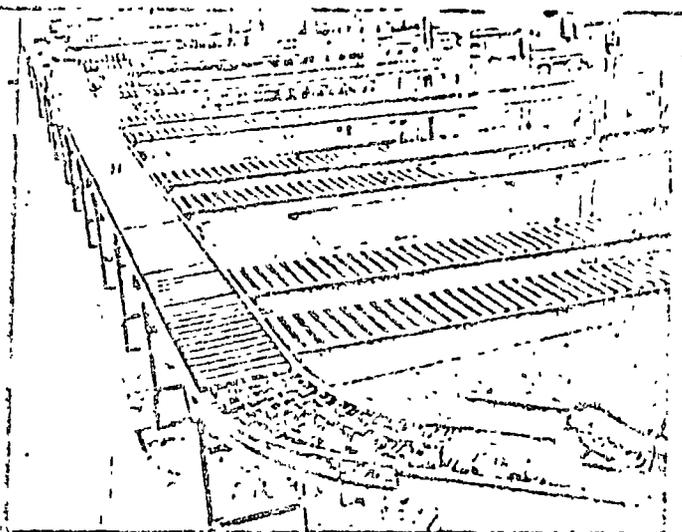
De un sistema de transportadores muy completo que muestra los diversos componentes como son: Banda inclinada, rodillos, ruedas de patín, deflector, cambios de dirección, y soportes ajustables de altura e inclinación.



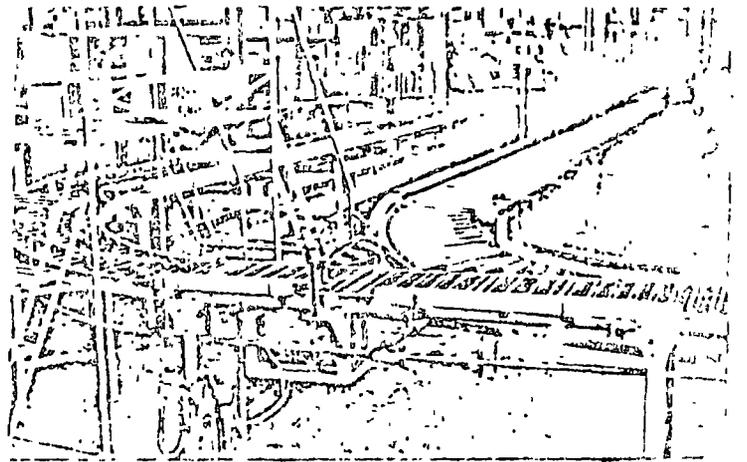
En esta secuencia se muestra como una sección de transportadores de rodillos que surte el producto empacado hacia el departamento de sellado de cajas instalados en Avon Cosméticos S. A. de C. V.



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

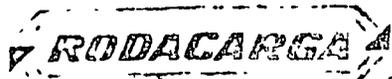
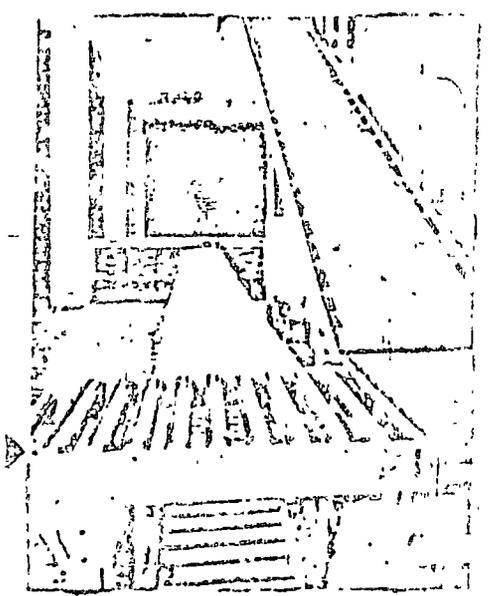


Sistema de transportadores de rodillos para surtir diversas líneas de empaque, con secciones de compuertas contrabalaceadas que permiten el paso rápido y cómodo de personal a través de los transportadores. Instalación de Avon Cosméticos S. A. de C. V.



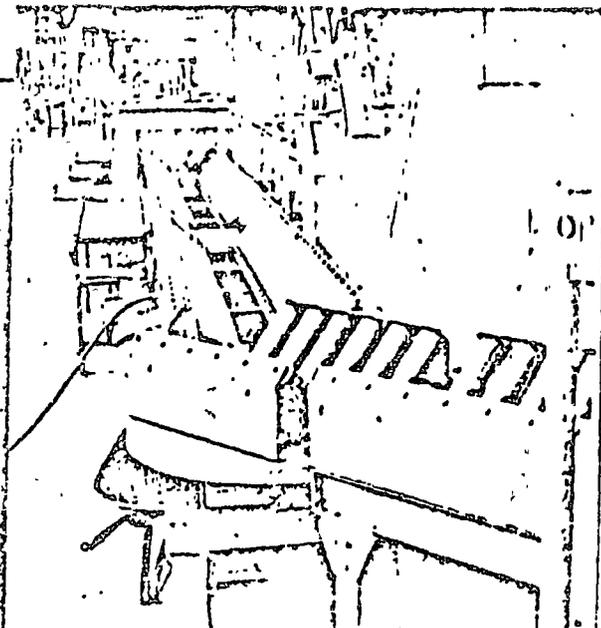
La afluencia de productos de dos diferentes líneas de rodillos convergen por curvas especialmente diseñadas a una línea de transportadores de rodillos. La selección del tráfico de cajas se efectúa por la acción de un deflector automático. Instalación para Avon Cosméticos, S. A. de C. V.

Sistema de transportadores de rodillos por gravedad para recibir 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.

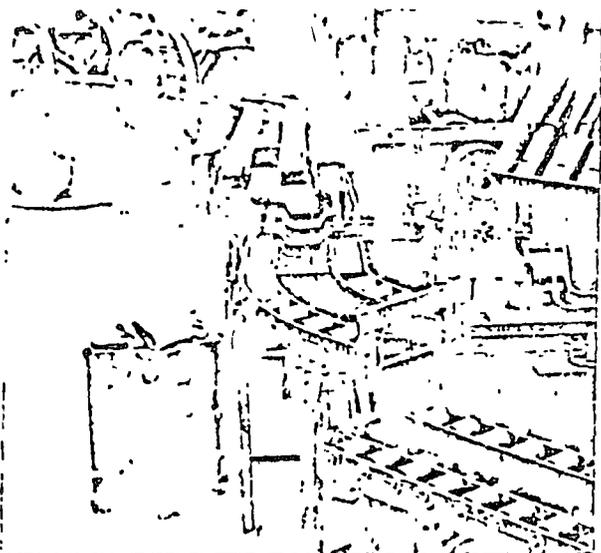




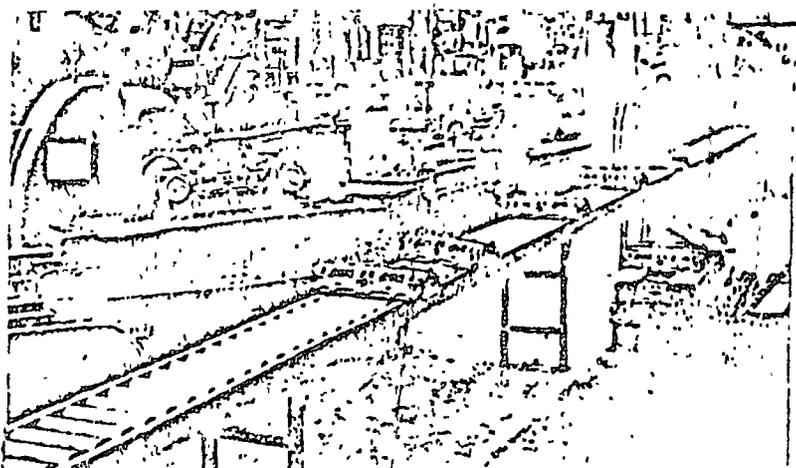
Sistema de transportadores de rodillos de gravedad rectos combinados con tromos curvos en una sección del Almacén en Richardson Merrett, S. A. de C. V.



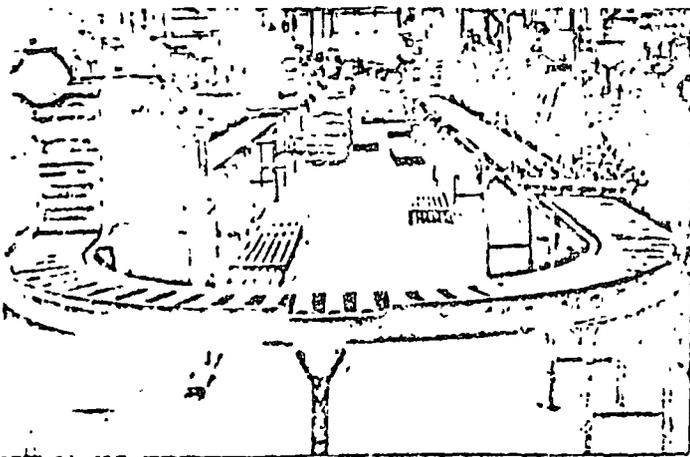
Adecuada línea de transportadores de rodillos en "V" para la sección de machuelado de piezas de motor V8 de gasolina en la línea de producción en Fábricas Automex, S. A. de Toluca, Edo. de México.



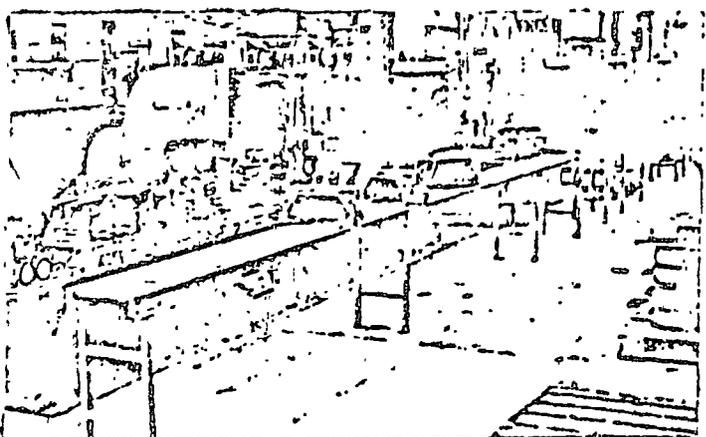
Las operaciones de volteo de motores V8 se realizan fácilmente con voladores especiales de rodillos y sobre una doble hilera de rodillos para carga pesada instalado para una línea de ensamble y rectificación en Fábricas Automex, S. A.



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 e inclinación. Equipado también con una compuerta contrabalanzada 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.

V RODAJERGA A

CALLE 45 MONTE TOTA COL. INDUSTRIAL VALLEJO • MÉDICO 10, D. F.
TEL. 47-32-11 APARTADO 12 818

SUCURSAL MONTERREY: AVENIDA COLON 800 PTE. • TEL. 78-26-71
SUCURSAL GUANAJUATO: CALZADA GONZALEZ GALLO 2601 • TEL. 7-16 80

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.

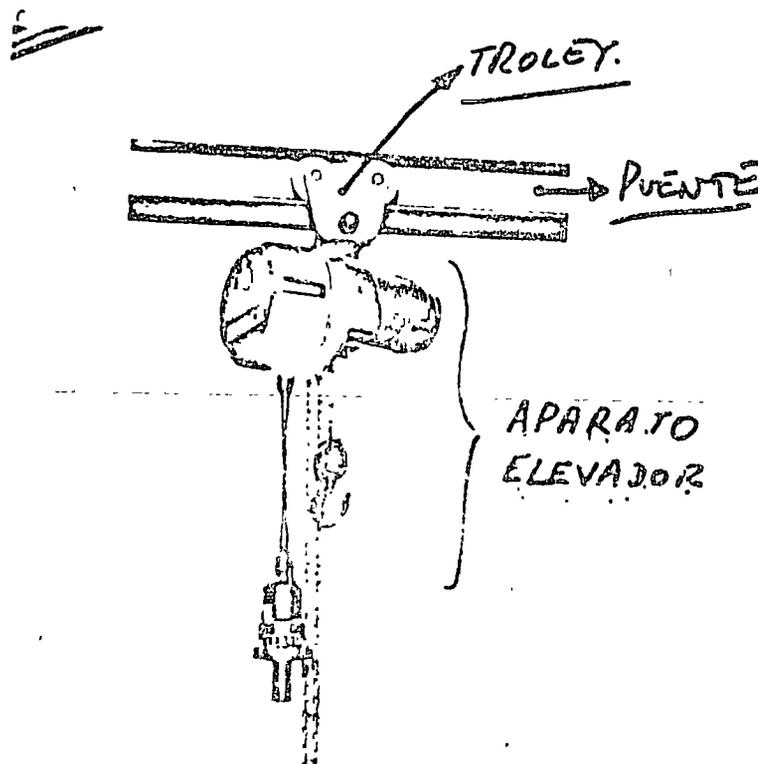
1.- Grúas de Vías Fijas : Son equipos de transporte mediante los cuales se puede elevar o bajar una carga y también desplazarlo en un plano horizontal, estando determinada la autonomía del desplazamiento por el diseño de la grúa.

Su uso más frecuente es para piezas pasadas 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 :

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 anterior, puede ser accionado a mano o eléctricamente.
- 3.- EL PUENTE : Sobre el que se desplaza el trolley. Dicho movimiento también puede ser eléctrica o manual. En los monorraíles el puente es fijo, en otros como los puentes grúa, el puente se desplaza sobre dos vías aéreas. En otros tipos el puente tiene un movimiento giratorio alrededor de un eje vertical.



MUNCK LINK CHAIN HOIST 750, 1100, 1500, 2200lbs. capacity.

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.

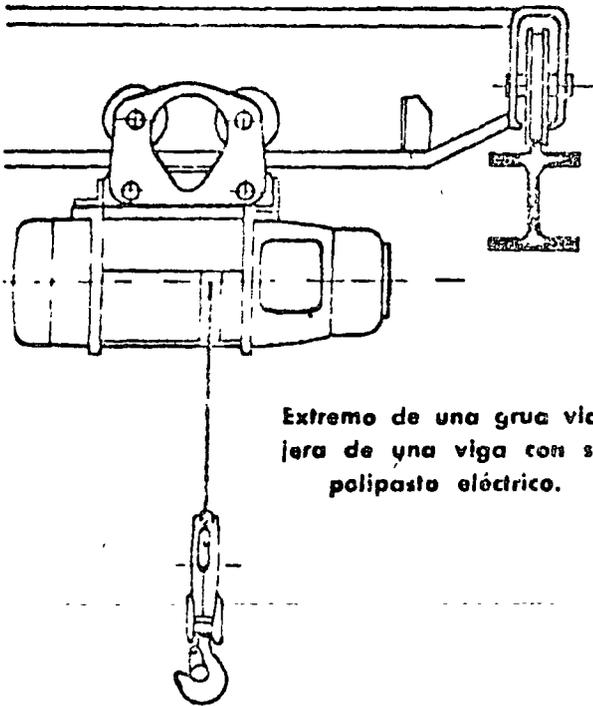
GRUAS PUENTE : En este caso el puente se apoya en ambos extremos sobre ruedas que se desplazan en rieles instalados formando ángulo recto con el puente. Los rieles se instalan sobre columnas del edificio, estructuras aéreas o marcos espaciales.

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

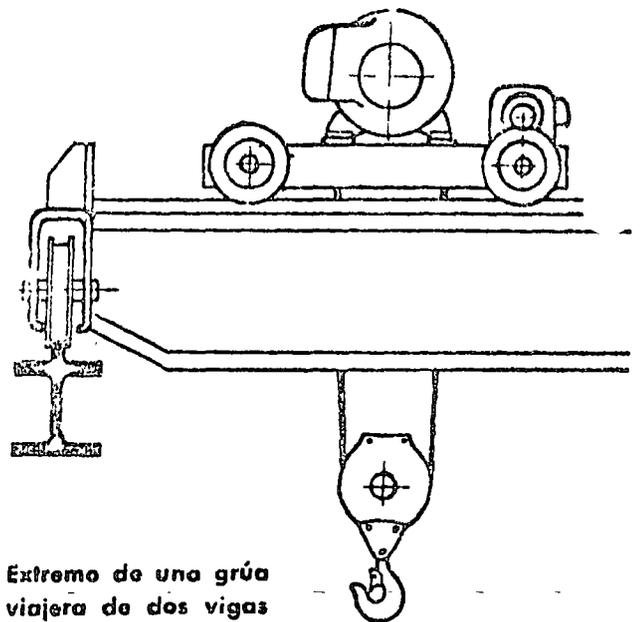
En casos en que la velocidad de traslación longitudinal de la grúa excede la velocidad a la que puede caminar un operario (80 mts/min) éste puede viajar en la cabina de la grúa o usar un control remoto.

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.

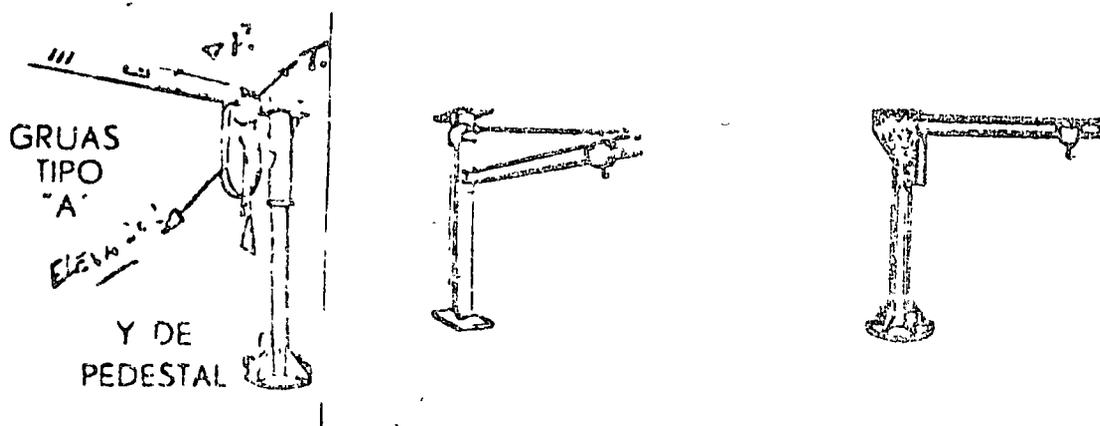
GRUAS FIJAS DE PARED Y PLUMAS . La viga principal de estas grúas

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 -

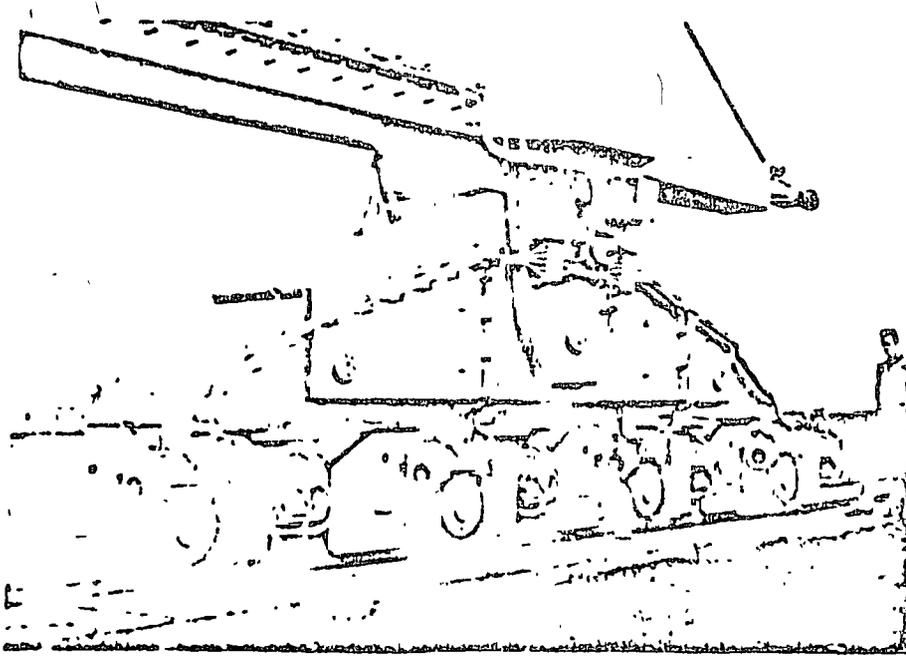
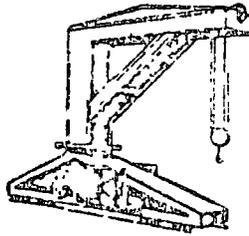
en las grúas pluma está en una columna que puede construirse en cualquier lugar. El ángulo de giro de la grúa fija está limitado a 180° ó 270° si se construye en un rincón o esquina. En los equipos normalmente encontrados en la industria la carga máxima es de 5 toneladas y la longitud varía de 1 a 3 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.

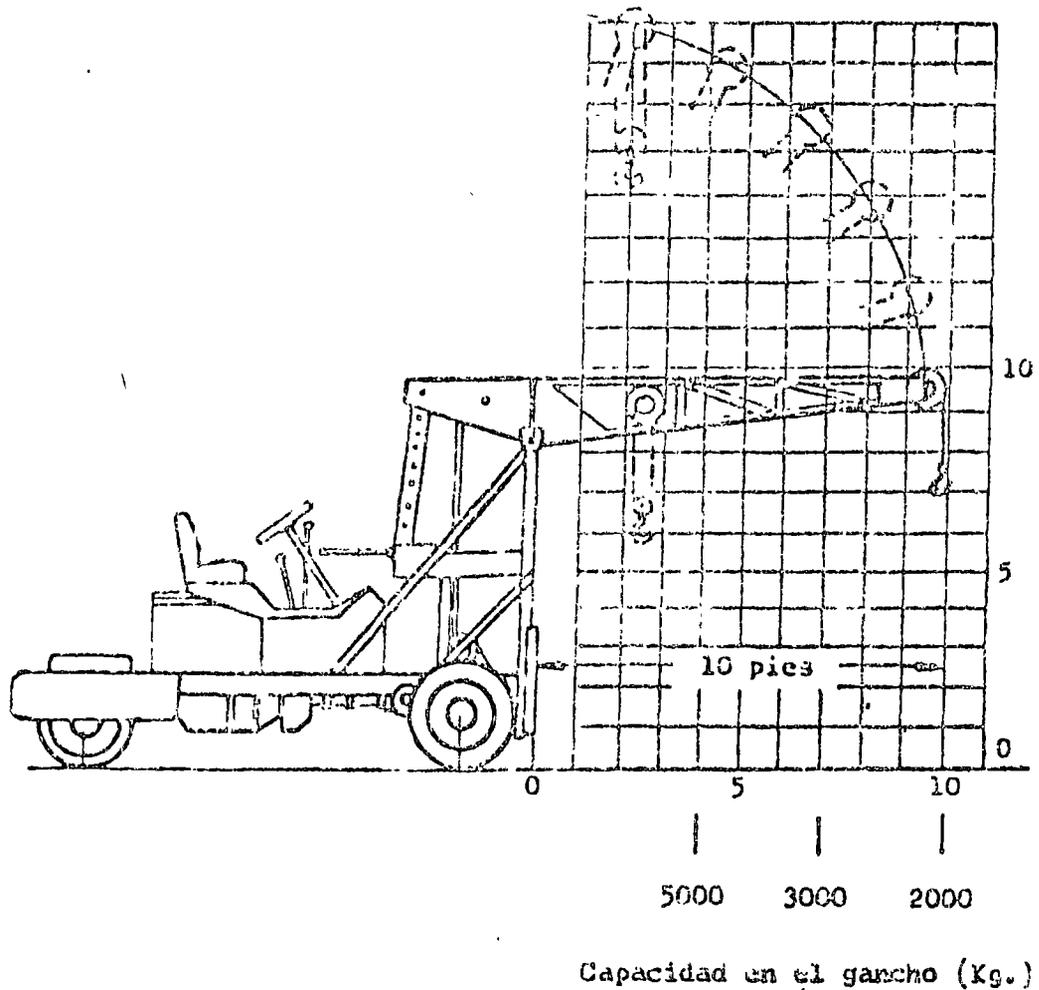


GRUA DE RIELES. - Este tipo de grúa (ver figura), está montada sobre un vehículo que puede ser arrastrado sobre rieles standard de ferrocarril por locomotoras u otra forma de tracción. La grúa gira alrededor de un eje vertical de modo que el área cubierta es un círculo alrededor del punto de giro. Estas 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 característica de que pueden ser conducidas a grandes distancias cuando están cargadas. Normalmente consisten en un vehículo automotor con una estructura 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 sumando para -
elevar y bajar cargas en dirección vertical con un pequeño esfuerzo.

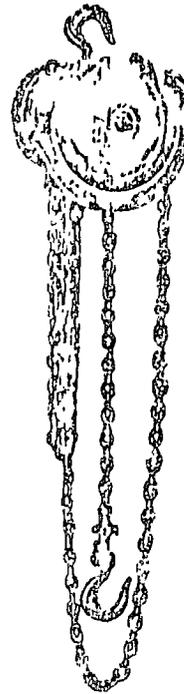
Los tipos más difundidos son :

- 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 fin 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

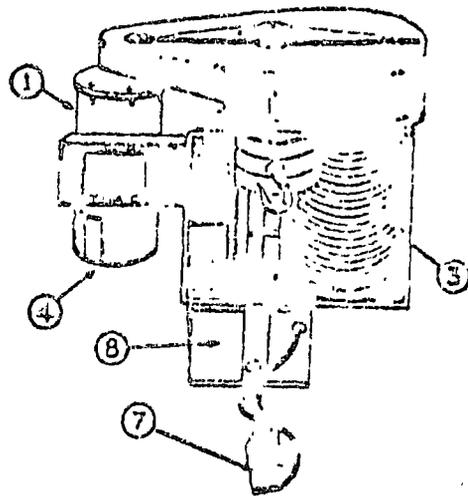
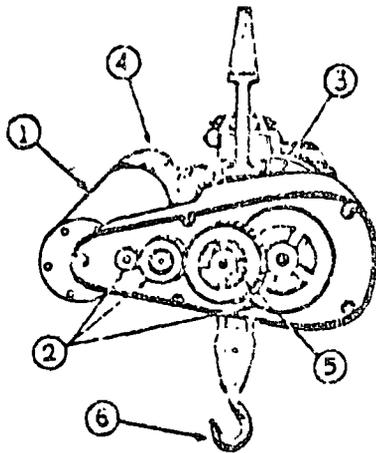


b. De engranajes planetarios

Aparejos de accionamiento manual

Se baja ó se sube ejerciendo tracción en uno u otro 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.



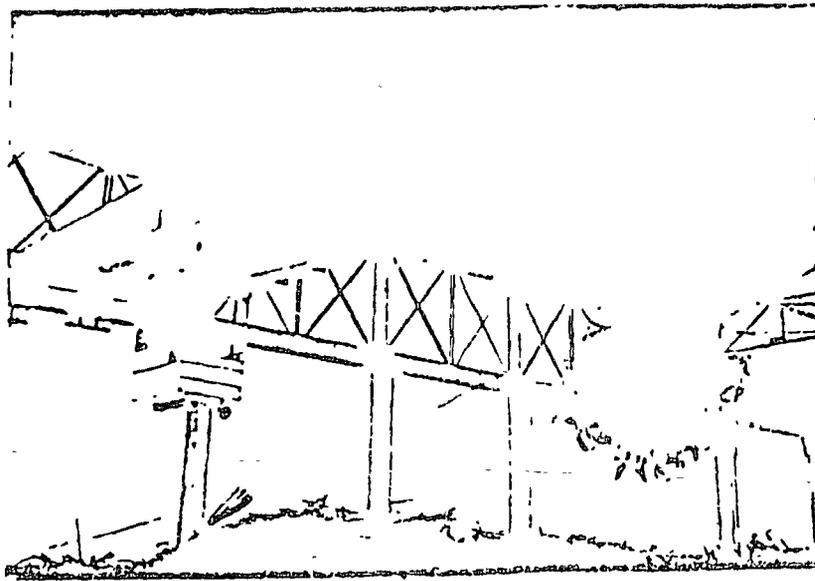
- | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|
| 1. Motor eléctrico | 2. Tren de engranajes | 3. Tambor y cable |
| 4. Freno del motor | 5. Freno de la carga | 6. Gancho |
| 7. Control | 8. Panel de control | |

Aparejo eléctrico

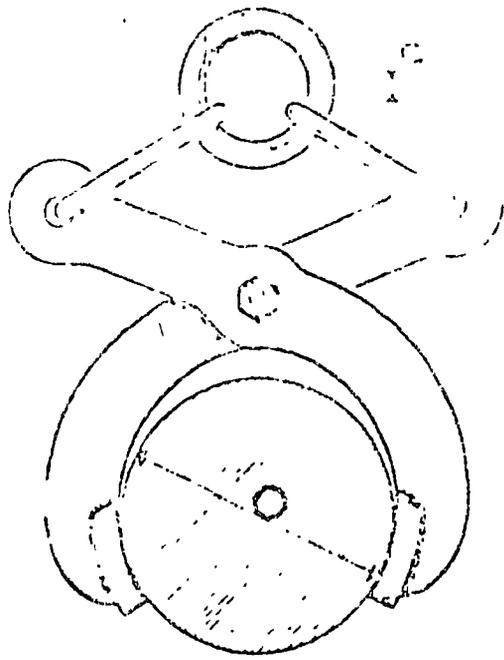
Existen también malacates accionados por aire comprimido para usarse en lugares donde no se permiten chispas o donde la regulación suave es esencial, siendo su capacidad limitada a unas 5 toneladas.

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 (Histéresis, corrientes parásitas, Etc.)



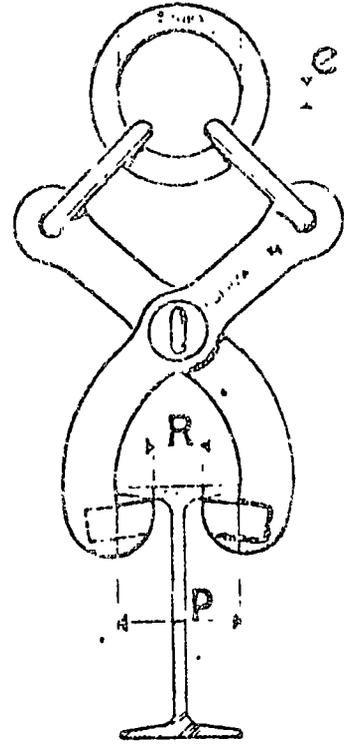
- B. ELEVADOR DE LAMINAS : Se utiliza para levantar pilas de láminas.
- C. PINZAS. Para materiales de formas diversas.
- D. CUCHARAS : Para descargar grava, carbón, Etc.
- E. CINTURONES : Para evitar dañar la carga o que ésta se resbale.



2^a

A

H



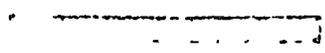
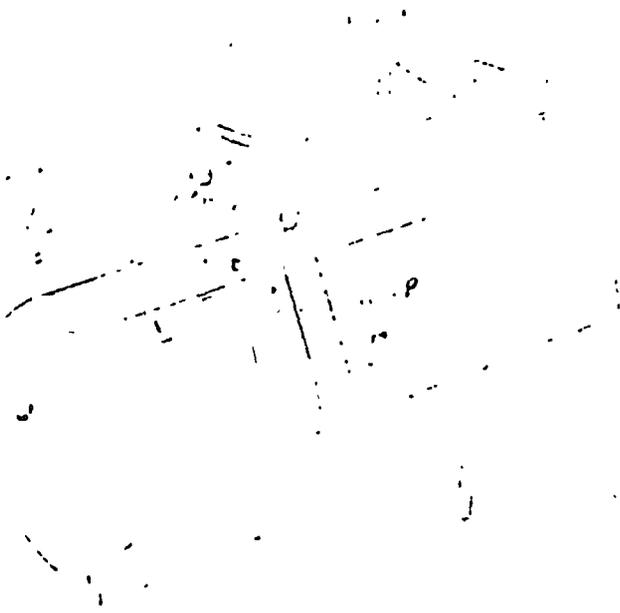
A, F

e

H

P

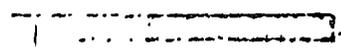
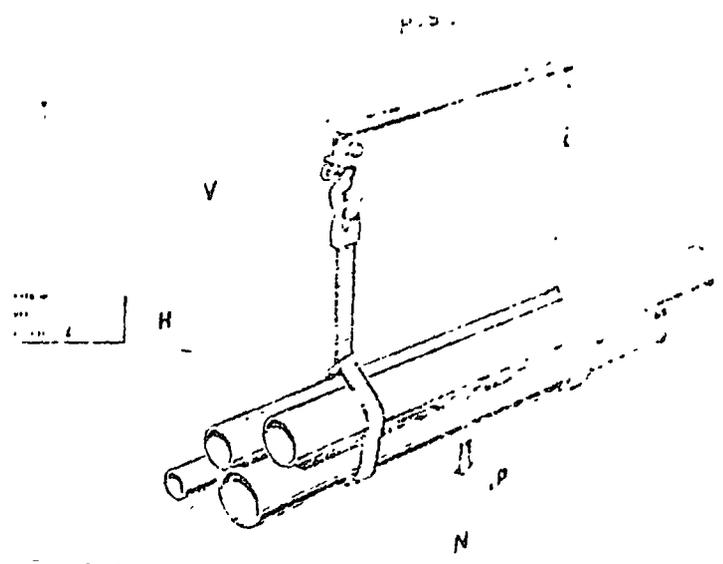
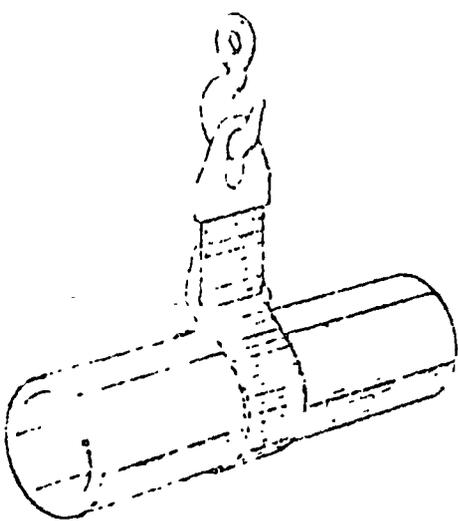
R



ECONOMIA

SEGURIDAD

... ..
... ..



NUNCA CORRIGIDO

... ..
... ..
... ..

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO:

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100

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.

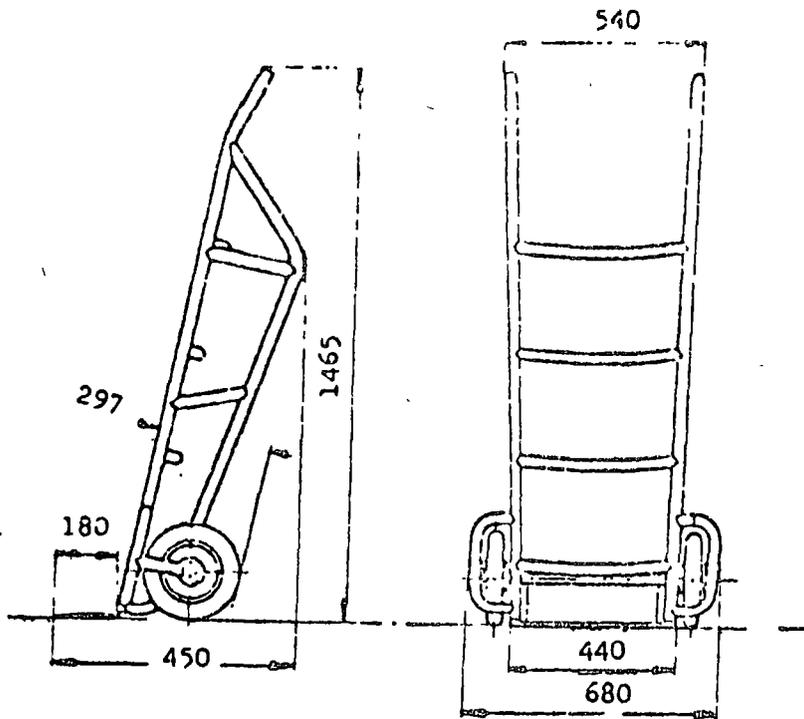
Dada la gran cantidad de tipos, se les suele subdividir en :

- 1.- CARRETILLAS MANUALES.
- 2.- PLATAFORMAS MANUALES DE 3 O 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 la 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 aquella y dejándola caer.

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



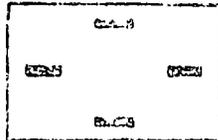
2.- PLATAFORMAS MANUALES DE 3 ó 4 RUEDAS. Pueden ser de acero o madera y consisten en una plataforma montada sobre ruedas. Se usan para recorridos cortos con rutas variables y la carga máxima es de ----- 4,000 Kgs.

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

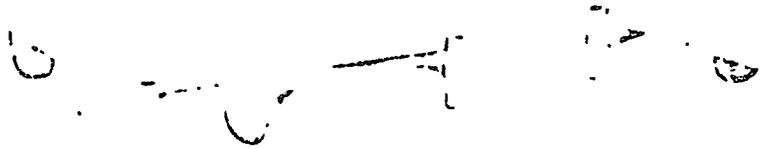
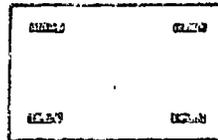
El modelo de base giratoria es difícil de controlar mientras que el de base fija es difícil de maniobrar.

CARRITOS PLATAFORMA

RUEDAS EN CRUZ

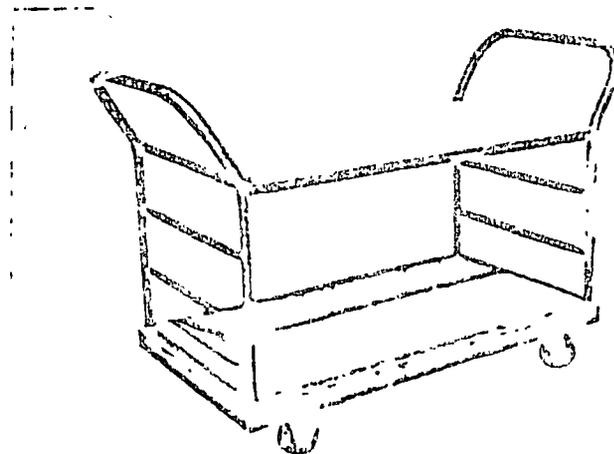


RUEDAS EN CUADRO



Carritos plataforma indispensables en toda fabrica y almacén, así como en laboratorios, hospitales, hoteles, integradas, tiendas de viveres, lavanderías, tintorerías, etc. Construidos de hierro estructural de alta resistencia con plataforma de maderita de primera y marcos de hierro tubular. Capacidades de 400 a 1.000 kilos. Equipados con dos rodajas giratorias y dos fijes colocados en cuadro para su manejo donde no existe problema de espacio y en cruz para su uso en espacios reducidos. Disponibles con uno o dos marcos y distintos tamaños de plataforma. Se les puede surtir de cualquier tipo o tamaño sobre pedido. Existencia constante de los siguientes modelos:

Modelo:	Dimension de plataforma	Con rodajas.	Cap en cuadro	Cap en cruz
2446-54	51 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")	F5-132 y G6-132	600 kilos	600 kilos
2754-86	69 cms. x 137 cms. (27") x (54")	F5-1932 y G6-132	800 kilos	800 kilos
3060-10/6	76 cms. x 152 cms. (30") x (60")	RHV 10x2 1/4 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 batería colocado en el mismo carro. En algunos tipos el operador va parado sobre la plataforma delantero 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 llevados paquetes apilados sobre plataformas. Pueden considerarse como el desarrollo posterior de los vehículos no elevadores en los cuales los paquetes 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 de 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 construido 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 vehículo 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 atrás, 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, -

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MUDELLO

CFY 20 Peso 2.065 Kgs.
 CY Peso 2.133 Kgs.

CAPACIDAD Y DISTRIBUCION DE PESO

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

RODADO

Standard Medida Total Presión
 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 maciza-especial

VELOCIDAD Y DECLIVES

	Embrague o fricción	HIDRATCRE
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		
Velocidad de elevación ..	25,3 mts./minuto	28,6 mts./minuto
descenso ..	18,3 " "	24,4 " "

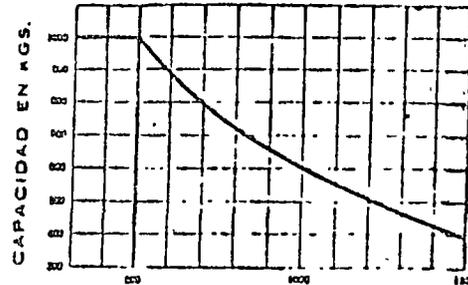
MOTOR

Motor de 4 cilindros con regulador de velocidad centrífugo actuando en la punta del árbol de levas. Distribución a engranajes de diente helicoidal rectificado. Distribuidor ascendente

Modelo ..	4L-151
Altura ..	84,139 mm.
Carro ..	111,125 mm.
Cilindrada ..	2480 cm ³
Cap. cárter ..	4,75 lts.
Resistencia regulada con carga ..	2200
RP a revoluciones reguladas ..	49,5
Tensión máxima (k.j.) ..	16,6
Cap. tanque de combustible ..	37,5 lts.

Note: 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 están computadas con la coliza en posición 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.
Tracha (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 dirección	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 cambiante de papel tipo automotor (3) Filtro de aire tipo seco con elemento cambiante de papel plegado de 5 m.cranes

SISTEMA ELECTRICO

Batería	NEGATIVO A MASA
Tensión	12 Volts nominales
Capacidad	40 ampere-hora
Regulador de carga compuesto por	Disyuntor
	Limitador de intensidad
	Regulador de tensión
Generador	
Volts	12 nominales
Amperes	35 nominales
Motor de arranque	
Tensión	12 Volts nominales
Bendix	Centrífugo

FRENOS

(Dos sistemas) Torsión del pedal multiplicada a través de reducción final en cada rueda motriz que reduce el esfuerzo y prolonga la vida de los frenos. Soporte zapata de expansión hidráulica interna y forros adhesivos. Pedal on/off control en modelos Hydratork de fácil aplicación con cualquier pie. Tambores engranados en carcasa del eje motriz en lugar de las ruedas. Zapatas auto-ajustables, no necesitan ajuste durante la vida útil del carro.

DIRECCION

Amortigos grandes brindan fácil desplazamiento y buena absorción bajo las más adversas condiciones de carretera. Eje de dirección de fuerte arco vanadio montado sobre dos bujes torsionales de goma que absorben y brindan articulación contra desniveles de hasta 15 cm de altura. Topes eficaces para estabilidad lateral. Pivotes inclinados disminuyen el efecto de golpes. Tren de dirección tipo a botellas en volantes. El punto central geométrico y la angulación de 75° permiten giros cortos. Rotulas tipo automotor. Volante de 457 mm. de diámetro.

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 vehículo lo soporta la canonera y no el eje piloto. Reducción final planetaria en ruedas motrices totalmente blindada.

EMBRAGUE A FRICCION

Monodisco seco de 280 mm. de diámetro de "cambio rápido" quick change" con revestimiento reenchado de 27 mm. de torsión, control a pedal tipo automotor. Embragues de cambio directos a la caja, adelante atrás y alto-baja que seleccionan 2 velocidades adelante y dos atrás.

TRANSMISION HYDRATORK (OPCIONAL)

Dos engranajes engranajes en acople constante y cambio de dirección. El convertidor multiplica la fuerza del motor sin castigar la línea motriz en engranajes. El aceite es enfriado por separado en un tanque ubicado en la parte inferior del radiador y filtrado a través de un elemento cambiabile tipo automotor. Palanca direccional sobre el lado izquierdo de la columna de dirección. En lugares cerrados el juego libre del pedal de frenos acciona hidráulicamente una válvula que permite disminuir gradualmente la fuerza de frenado mientras aunque el motor funciona a máxima elevación rápida.

CILINDROS DE ELEVACION Y INCLINACION

Embolos de inclinación cromados Lipperies para compensar el desgaste de empaquetaduras, cambiables desde afuera. Válvula de seguridad de inclinación garantiza un control eficiente contra derrives. Todos los cilindros tienen bridas metálicas de protección para las empaquetaduras. Embolo de elevación tipo pistón de esfuerzo lateral mínimo. Regulador de caudal modulado reduce la velocidad de bajada cuando mas pesado es carga.

INSYRUMENTAL

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

COLIZA

Coliza telescópica 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 articulación libre de los uñas.

SISTEMA HIDRAULICO

Válvulas tipo carrete totalmente balanceadas a precisión brindan puestas en marcha y paradas rápidas. Válvulas de oliva para sobrecargas, resaca SAE rectas y "O" rings de goma en todo el sistema de presión. Bomba hidráulica de paletas accionada por el motor a través de engranajes. Líquido hidráulico de chapa de 8 mm, montado sobre el chasis como parte integral del mismo. Mangueras hidráulicas de goma y malla de acero trenzado. Protección contra la suciedad: 111 Respiradero del tanque hidráulico con elemento cambiabile de 5 micronas. 131 Filtro de caudal completo dentro del tanque de 25 micronas.

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. Eficiente traba de acción rápida para asegurar las uñas. Uñas torcidas y tratadas térmicamente para mayor resistencia en toda la sección del talón.

MANTENIMIENTO

El acceso a los órganos mecánicos del autoelevador es simple. Con tan solo abrir las tapas laterales y el capó quedan expuestos para la inspección 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 cascos laterales y un solo bulón de fijación, permite ser retirado rápidamente.

ASIENTO

Amplio asiento y respaldo de goma espuma cubiertos de Vinyl 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, espere el gas evitando el recalentamiento. Todas las superficies expuestas con antióxido y pintadas a soplete.

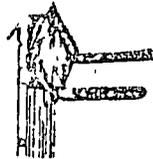
Accesorios para autoelevadores



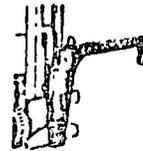
Sujecion de canastos



Accesorios de empuje



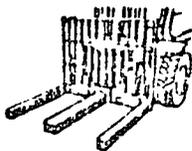
Horquilla giratoria



Pluma cuello de ganso



Dispositivo de sujecion



Horquilla de mordaza



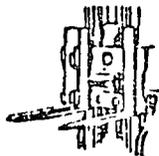
Canasto volcable



Sujecion de carritos



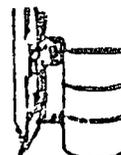
Sujecion giratoria de rollos



Giro lateral



Adaptador neumático



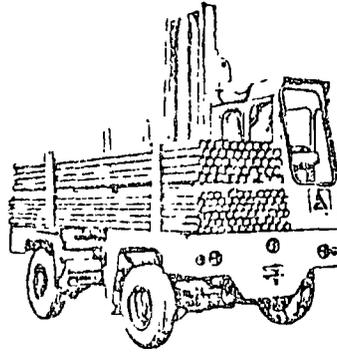
Manipulo de barriles

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

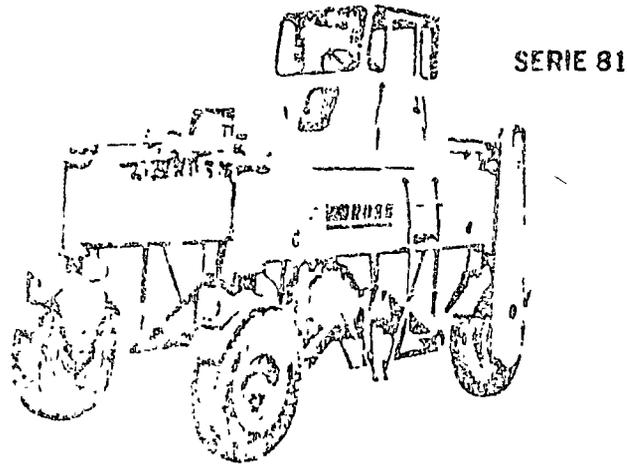
Entre ellos deben mencionarse dos :

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

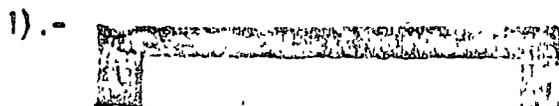


2.- ACARREADOR DE HORCADAS. En un elevador de cuatro ruedas, diseñado para que el material sea tomado por la parte inferior del vehículo. La carga, que en algunos casos se coloca en pallets, se levanta por medio de zapatas elevadores. Se ha difundido mucho en los últimos años -- en los E.E. U.U. y es 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.



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 normalizadas y especiales, diseñadas para acarrear productos, partes, Etc. a través de todas las fases del ciclo de producción incluyendo expedición.

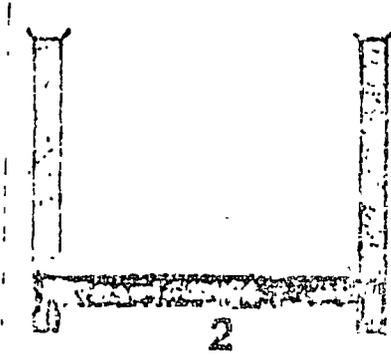
Veamos algunos tipos :



Esta es simplemente una plataforma (pallet).

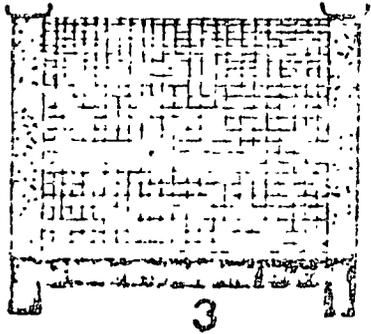
Destinado a transportar Bolsas, paquetes, Etc. Existen diferentes medidas estandarizadas.

2).-



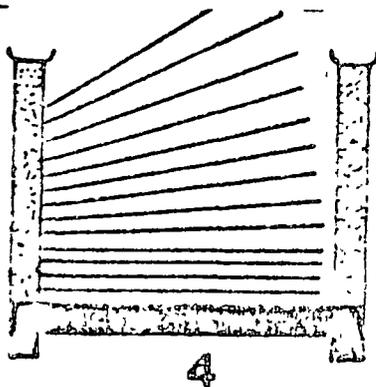
Igual al anterior con el agregado de cuatro columnas, lo que permite transportar tubos redondos, caños, Etc.

3).-



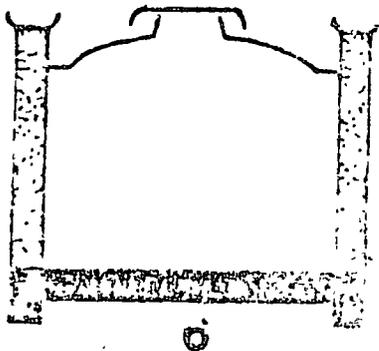
La forma básica se completa con tela metálica para el almacenamiento de partes que pueden estar en contacto, tales como piezas de fundición, piezas de plástico, Etc.

4).-



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

5).-

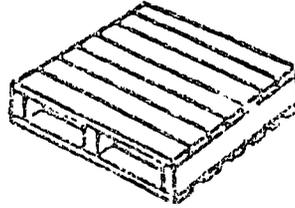


Similar a los anteriores, pero forrado interiormente para el transporte de material granular. Pueden hacerse también para transportar líquidos o elementos congelados.

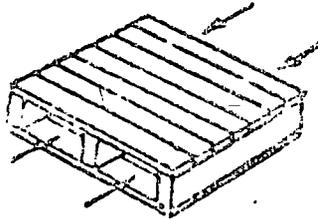
En la práctica, estas formas elementales adquieren diferentes configuraciones para servir a propósitos específicos. En algunos modelos, las paredes son desmontables o plegadizas a efectos de disminuir el espacio ocupado cuando están vacíos.



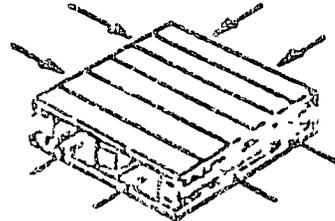
Simple cubierta



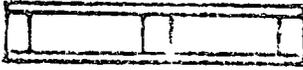
Doble cubierta



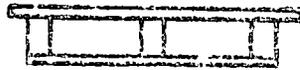
De dos entradas



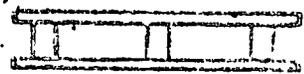
De cuatro entradas



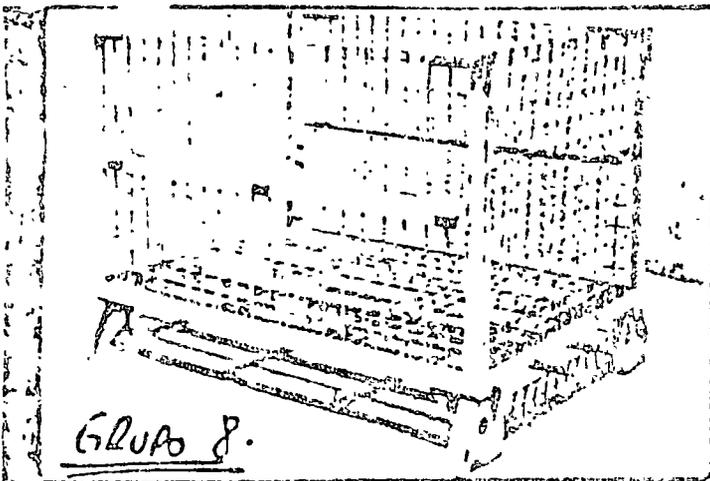
Sin aletas



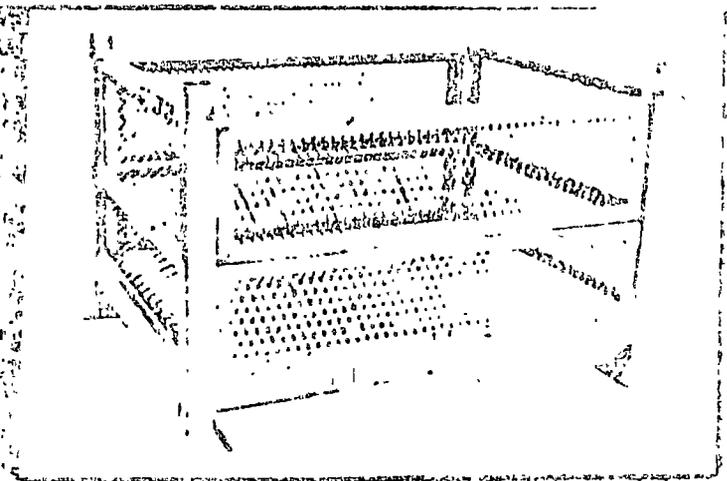
Con aletas simples



Con aletas dobles



Caja octoestibable de malla de alambre para almacenaje de historiales o productos a granel. Por la ventaja de poderse estibar unas sobre otras, se logran mayores áreas aprovechables, anudando espacios horizontalmente. Se pueden acumular de 4 a 5 estibas dependiendo de la altura de elevación de su motorstibador. En uso en Simpson Ramco, S. A. de C. V.



Caja ajustestibable con malla de metal desplegado, de estructura cubierta en una computadora para operaciones de carga y descarga. Se pueden acumular de 4 a 5 estibas, dependiendo de la altura de elevación de su motorstibador. 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 pre-determinado, 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 :

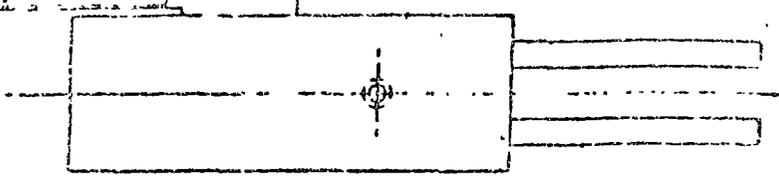
- 1.- Defensas inseguras.
- 2.- Diseño o construcción inseguro.
- 3.- Iluminación deficiente.
- 4.- Ventilación deficiente.
- 5.- Ropas Inadecuadas.
- 6.- Herramiental no apropiado
- 7.- Pisos en mal estado, Etc.

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 claxon, Etc.



EFICIENTE ALIMENTACIÓN DE VARIAS LINEAS

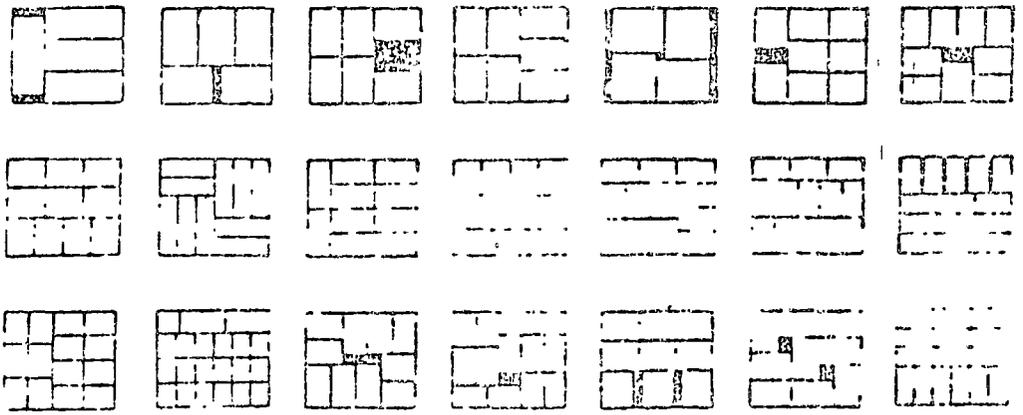
El dibujo muestra tres transportadores de acumulación transportando paquetes desde tres centros de producción diferentes. Cuando los controles de cualquiera de estas tres líneas de transportadores indiquen que una carga completa de paquetes ha sido acumulada, una señal es enviada al paletizador. Si el paletizador no está paletizando otra carga, acepta los paquetes de la línea de acumulación que ha enviado la señal, y automáticamente contará las unidades de una carga completa. Si el paletizador está en operación al recibir la señal, esta será registrada en la memoria hasta que la carga en proceso se haya paletizado, en cuyo momento el paletizador aceptará los paquetes de la línea de acumulación en espera.

Cada producto tiene un patron de estibo predeterminado, el cual es seleccionado automáticamente por la maquina al aceptar dicho producto. Un singular mecanismo de control permite el manejo de diferentes productos en cada línea de acumulación, asegurando que los mismos sean paletizados separadamente y sin mezclas. Si una carga completa de paquetes se ha acumulado en cada una de las tres líneas simultaneamente, éstas están diseñadas con una longitud de acumulacion tal que les permite recibir la producción 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 el almacén.

POSIBLES PATRONES PARA CAJAS, BOLSAS, O FARDOS

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

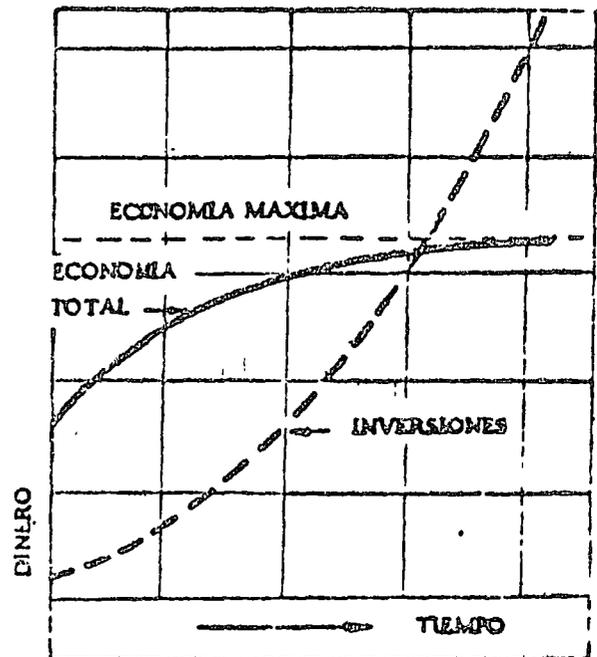
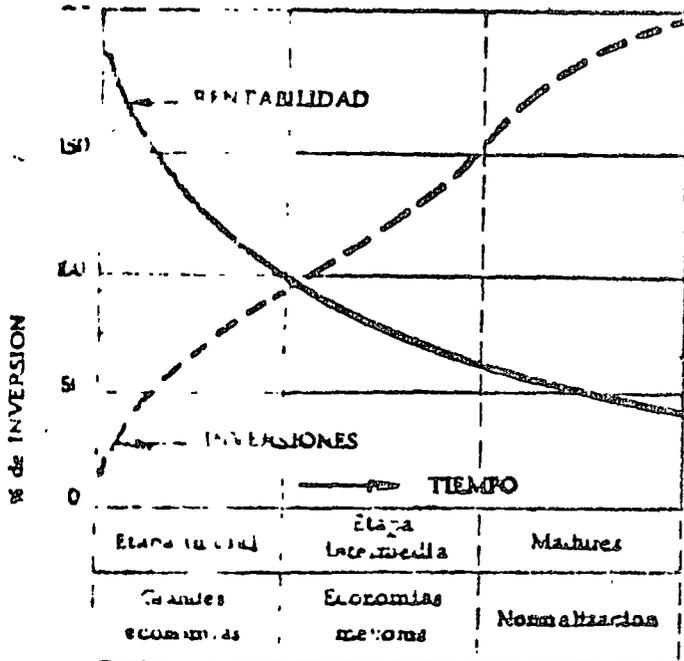


ANALISIS ECONOMICO : En el mejoramiento del manipuleo de materiales -
pueden identificarse tres formas bien definidas :

- 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-

requieren 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									
Depreciacion (___ años)									
Intereses (___ %)									
Seguros									
Impuestos									
Supervision									
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 Systematic 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 no 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 (Incluido sólo en algunos casos).

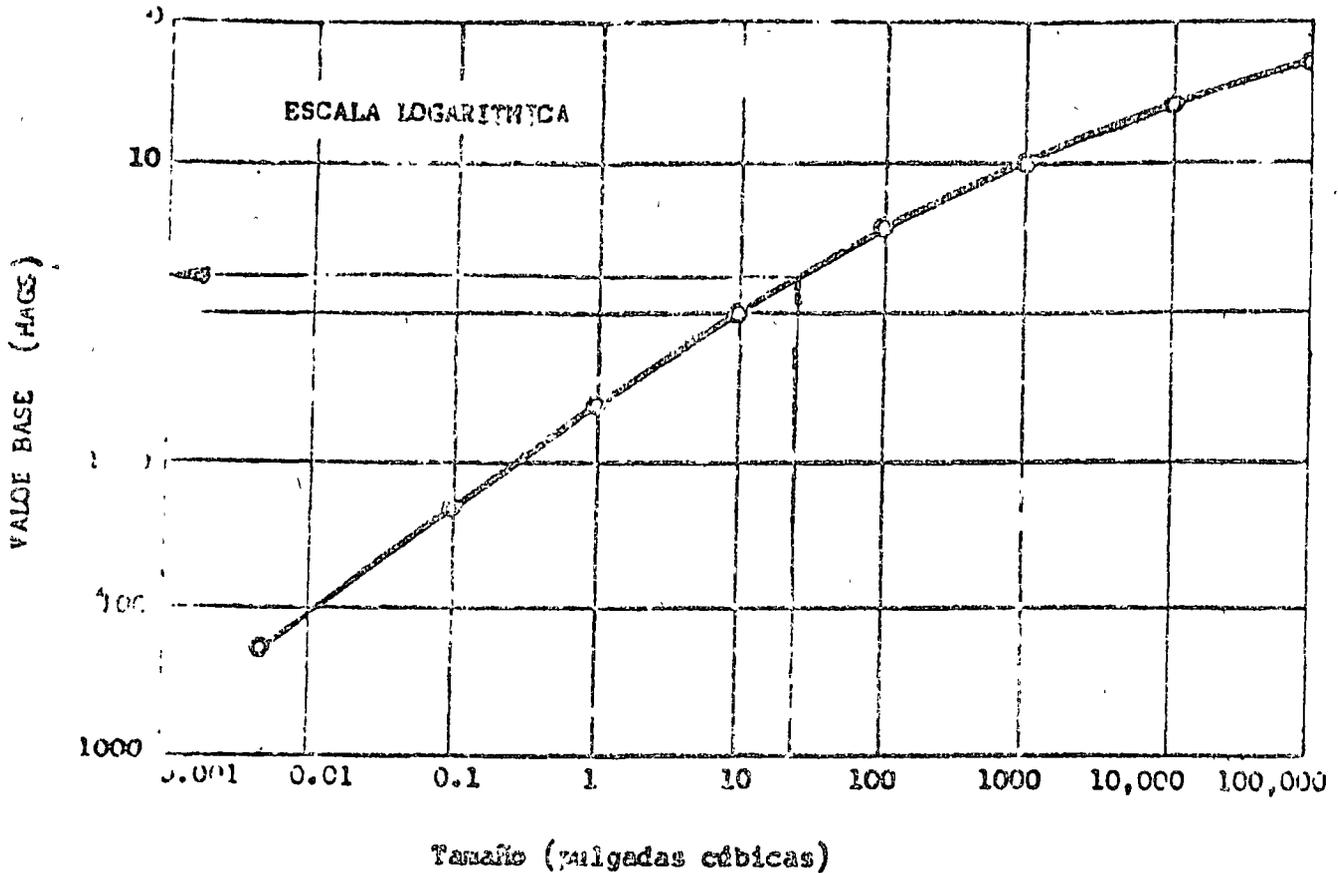
El peso no se incluye porque para un material dado, es proporcional al tamaño y además indicamos la densidad o estado de agregación.

El sistema que aplica la unidad MAG establece un valor básico para el tamaño, que se incrementa 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 reúne 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 cigarrillos 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 :

$$\text{MAGS} = A + 0.25A (B + C + D + E + F)$$

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 o 3).

Del gráfico, entrando con 12 pulgadas cúbicas, obtenemos $A = 3$.

De la tabla : $B = -2$ $C = -1$ $D = 0$ $E = +1$

$MAGS = A + 0.25 A (B + C + D + E)$

$= 3 + (0.25) (3) (-2 -1 + 1) = 3 - 1.5 = 1.5 \text{ MAGS/pza.}$

$= 1.5 \text{ M/pieza y } 200,000 \text{ piezas año.}$

Intensidad de movimiento :

$= 300\,000 \text{ MAGS/año.}$

UNIDAD UAE

GRADO	B. DENSIDAD	C. FORMA	D. RIESGO	E. CONDICION
-3	-----	Muy delgado y apilable o completamente aplastable (Laminas de hierro, hojas de papel, madera terciada)	-----	-----
-2	Muy liviano y vacío (laminas metálicas voluminosas)	Fácilmente apilable o anti- doble (Bloque de papel, cacerola)	No susceptible a ningún riesgo (Chatarra)	-----
-1	Liviano y voluminoso (Cartón corrugado plegado)	Bastante apilable o ligeramen- te apilable (Libro, tapete)	Susceptible a muy escaso riesgo (Fundición compacta)	-----
0	Razonablemente ab- lido (Bloque de ma- dera 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 (Bolas de cereal, barra corta)	Susceptible de daño por aplastamiento, re- tura o raspadura (Piezas pintadas)	107 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 me- tálica)	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)

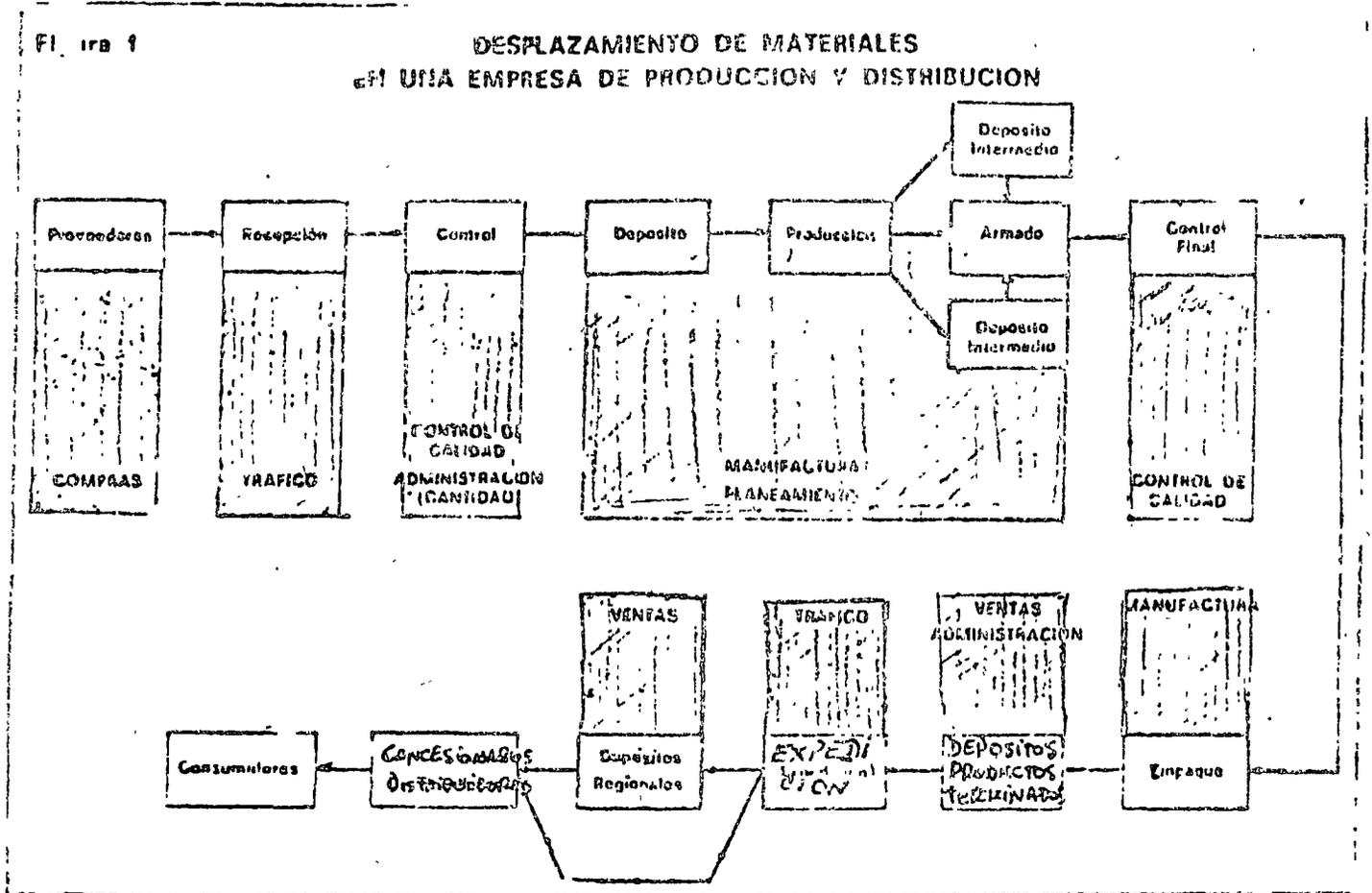
LA GERENCIA DE MATERIALES.

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, -
presentamos un esquema como el siguiente :



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 depósitos.

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 :

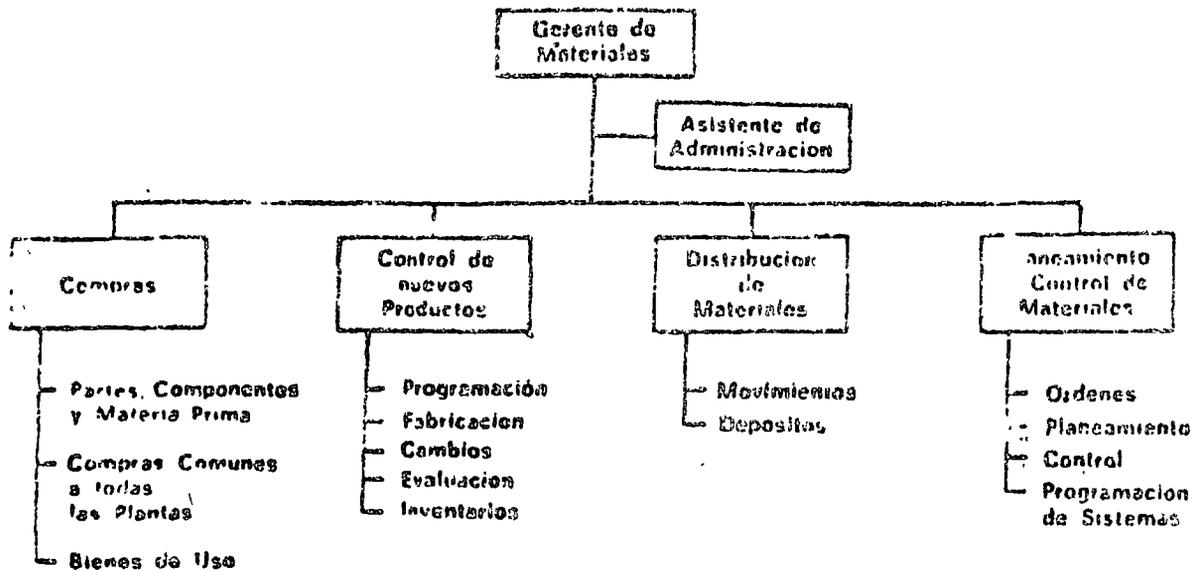
- 1.- Asumir plena responsabilidad por toda la inversión en materiales a fin de satisfacer a ventas sin ser dominado por él.
- 2.- Coordinar con producción los lotes económicos que impidan inventarios inaceptables.
- 3.- Implementar las directivas financieras con respecto a los inventarios.
- 4.- Preparar pronósticos a corto plazo para control de Producción e inventarios.
- 5.- Considerar todos los factores estacionales y de obsolescencia referentes a los productos de la Empresa.

Posteriormente la IBM hizo una exposición más detallada de la función. -

Si organizamos tal como la siguiente forma :

Figura 3

LA GERENCIA DE MATERIALES EN LA DATA SYSTEM DE INM



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 procesados por día/hombre : Aumento 16%.
- 4.- Se cumplieron 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 prácticamente 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
 - Kegla 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.
 - Muestras
 - 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 generalizar funcionalmente los aspectos tecnológicos relativos al movimiento y almacenaje de materiales más que a promover una innovación 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 iniciarse 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 fuere 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 ha--
sta 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.

Bibliografía 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.

"LAS COMPRAS EN LA EMPRESA"

OBJETIVO : El objetivo general del Departamento de Compras, será contribuir a los resultados finales de la empresa con una eficiente conversión de los valores económicos:

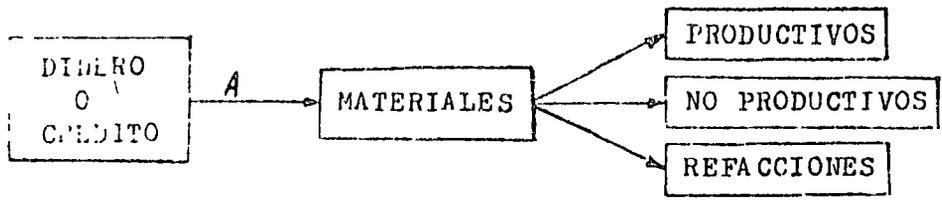


FIG. No. 1

Por medio de negociaciones éticas y objetivas.

Entendemos el movimiento de valores económicos de una empresa manufacturera como lo indica la Fig. No. 1.

Especificando un poco más el objetivo general, nos encontramos con los siguientes puntos:

- 1) Obtener cantidades correctas para que no se interrumpa la producción pero minimizando los gastos de inventario (lote económico).
- 2) Obtener artículos de la calidad apropiada para cubrir la producción sin superar las especificaciones a fin de mantener bajo precio.
- 3) Obtener los artículos a tiempo, pero sin acumular inventarios.
- 4) Mantener la reputación de la Cía. en lo referente a corrección y renombre.
- 5) Obtener las mejores condiciones financieras para no comprometer a la empresa (en promedio las compras representan el 50 % del dinero gastado).
- 6) Integración de la función de la adquisición; esto implica proporcionar canales de comunicación entre varios departamentos de la Cía. como son: Producción, Mercadotecnia, Ingeniería, Contabilidad, Jurídico.

POLITICAS DE COMPRAS

Deberán fijarse en la empresa, las políticas a seguir por el departamento como ejemplo de dichas políticas podemos mencionar las siguientes.

- 1) Todos los asuntos relacionados con proveedores, se deben canalizar a través de compras (así lo exigen los auditores internos y externos).

- 2) Compras solo tramitará materiales usados por la empresa, por lo tanto se deben excluir las compras personales.
- 3) Compras es el único departamento con autoridad para decidir la selección final de las fuentes de suministro y no acepta presiones internas ó externas sobre éste tipo de decisiones.
- 4) Las urgencias que se presentan, se tratarán como tales, es decir se atenderán de inmediato, pero después se analizarán para sugerir ó tomar acciones correctivas.
- 5) Es política general contar con doble fuente de abastecimiento siempre que sea posible.
- 6) Se deberán atender con celeridad, objetivo y éticamente las reclamaciones de los proveedores sobre cualquier asunto (calidad, pagos, programaciones, etc.)
- 7) Las políticas de financiamiento de pasivos a corto plazo, se establecen de acuerdo con el área financiera.

PROCEDIMIENTO BASICO DE COMPRAS

El encargado del Departamento de Compras, deberá establecer por escrito el procedimiento al cual se ajustará todas las compras (como ejemplo tenemos las figuras 2 y 3).

CENTRALIZACION VS. DESCENTRALIZACION.

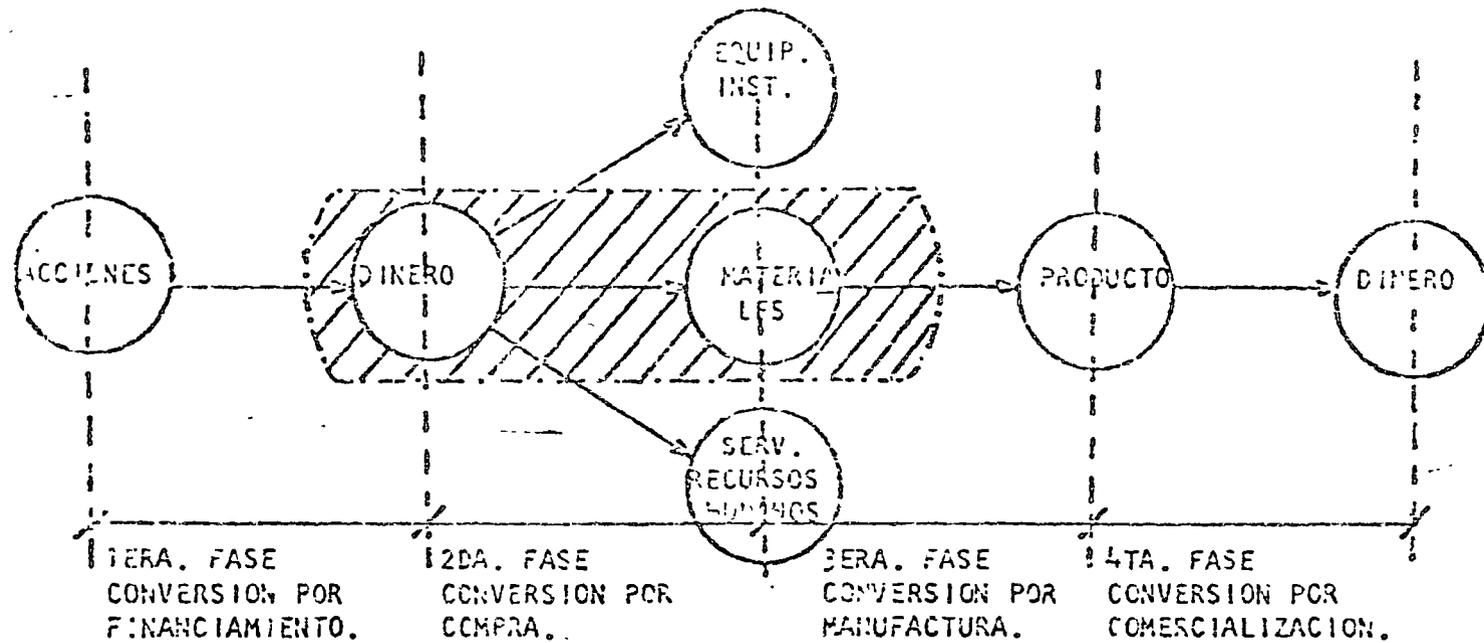
VENTAJAS: Las ventajas de centralizar son las siguientes:

- 1) Mejor control sobre las compras y los inventarios.
- 2) Pueden agruparse pedidos de manera de obtener descuentos por cantidad.
- 3) Personal más especializado con enfoque sistemático.
- 4) Posibilidad de procesar electrónicamente los datos.
- 5) Mayor poder de compra lo cual permite al comprador negociar mejores precios. (ejemplo "Cervecería Cuauhtémoc, S. A.")

Las compras descentralizadas implican el establecimiento de varios Deptos. que compran. Las ventajas que presentan son:

- 1) Acción más rápida (líneas de comunicación más cortas)
- 2) Puede presentarse menores costos por transporte mediante el desarrollo de proveedores locales.
- 3) La generación de crédito mercantil local. Lo que hacen las empresas que tienen éste problema es un sistema mixto; Centralizan los artículos de valor elevado y los que se compran en grandes cantidades.

DIAGRAMA DE MOVIMIENTO DE VALORES ECONÓMICOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA.

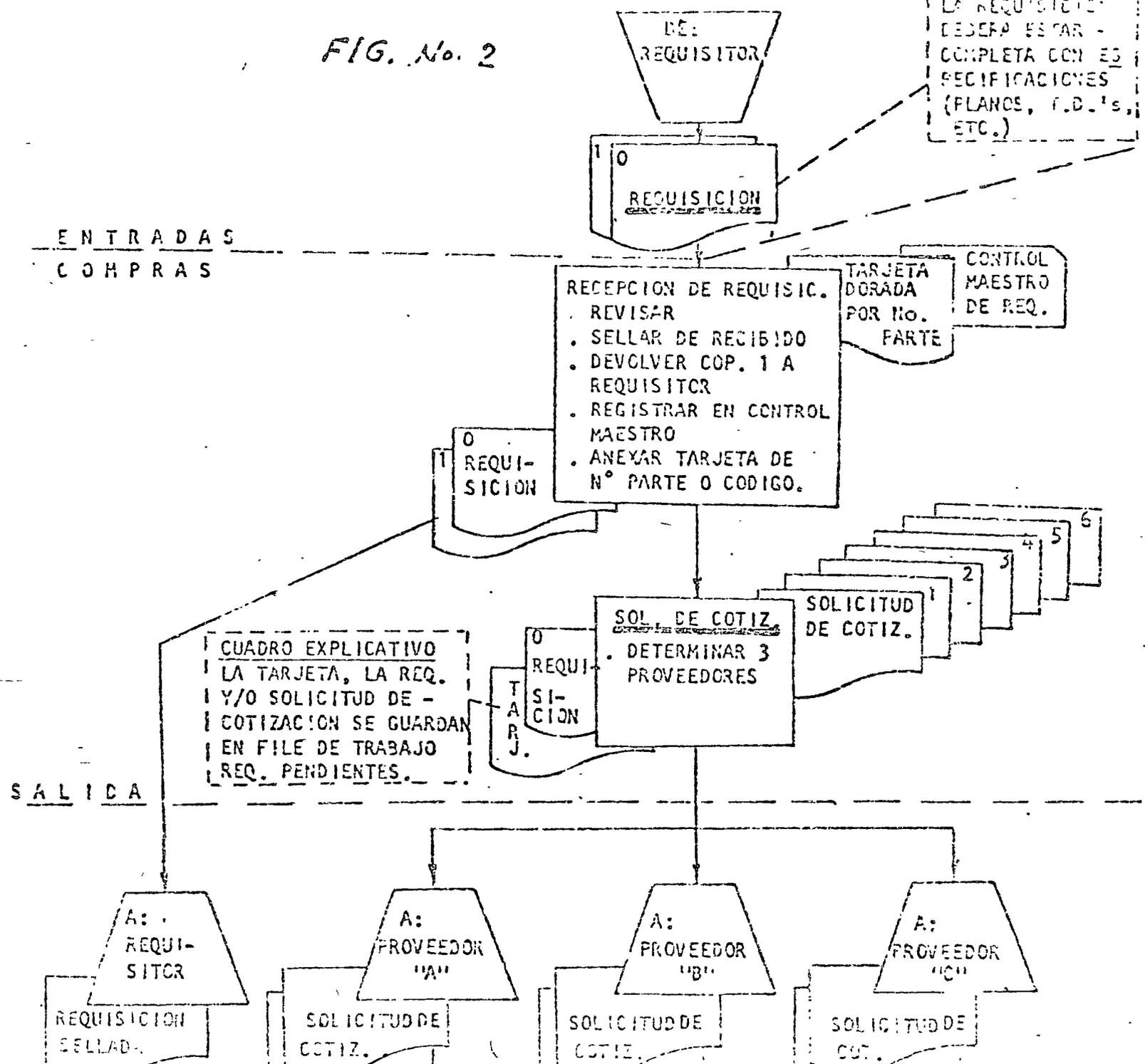
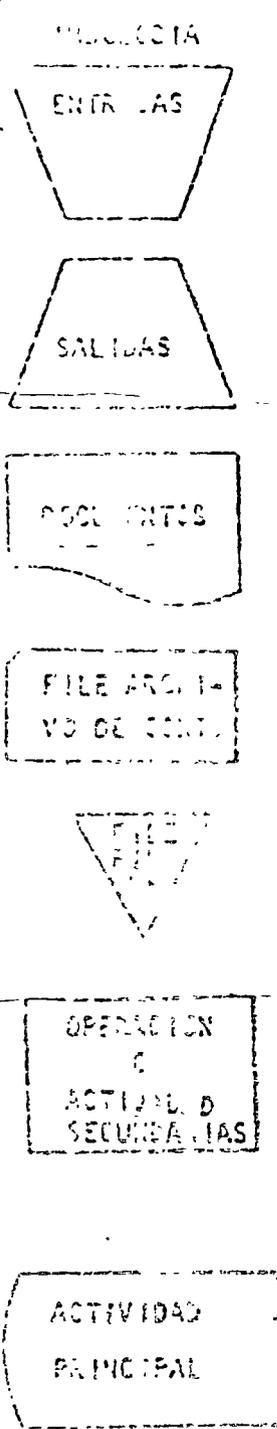


- NOTAS: 1) LA EFICIENCIA TOTAL DE LA EMPRESA, DEPENDE A SU VEZ DE LA EFICIENTE --
CONVERSION DE CADA UNA DE LAS FASES.
2) EL DEPARTAMENTO DE COMPRAS OPERA FUNDAMENTALMENTE EN LA SEGUNDA FASE, --
CONVIERTIENDO (POR COMPRA) DINERO O CREDITO A MATERIALES, TAL Y COMO SE
MARCA POR EL AREA PUNTEADA.

FIG. No. 1

FIG. No. 2

LA REQUISICION DEBEA ESTAR COMPLETA CON ESPECIFICACIONES (PLANOS, F.D.'s, ETC.)



ENTRADAS
COMPRAS

ESTUDIOS
REQUISICION
TARJETA
COTIZACION
COTIZACION
COTI-
ZA-
CION

NEGOCIACION
• ANALISIS DE COTIZACION
RECIBIDAS.
• EN CASO DE REQUERIR ES-
TUDIO TECNICO CON ANA-
LISIS DE COMPRAS.
• NEGOCIACION
• COLOCACION

NOTA EXPLICATIVA:
DISTRIBUCION DE O.C.
ORIGINAL - PROVEEDOR
COPIA 1 - ACEPTACION Y
FILE PROVEEDOR
COPIA 2 - COSTOS
COPIA 3 - PAGOS
COPIA 4 - SEGUIMIENTO
COPIA 5 - ALMACEN
COPIA 6 - CONSECUTIVO CON
REQ. ANEXA
COPIA 7 - COPIA EXTRA
MAT. PRODUCTIVO
INT. NACIONAL
MAT. NO PRODUC.
ORIGINADOR

ARCI. PROJ. COT. A B C

EMISION ORDEN DE
COMPRA.
• HACER O. DE C.
• FIRMAS O. DE C.
• DISTRIBUCION
• ARCHIVO
• REGISTROS DATOS EN
TARJETA Y CONTROL
MAESTRO.

ORDEN DE COMPRA 0 2 3 4 5 6 7

REPORTE DE
AHORRO Y
SOBRE COSTO

FILE ESTUDIO

ESTUDIOS
CONT. MAESTRO
TARJETA
O REQUISI

FILE P/Nº P TARJETA

SALIDAS

A
PROVEEDOR
0 1
O.C.

A
CONTRALOR
• COSTOS
• PAGOS
2 3
O.C.

A
ALMACEN
5
O.C.

A
M.P. INTEG.
NAC.
M.P. ORIGIN.
7
O.C.

Los de urgencia y pequeños, son manejados por departamentos descentralizados,
"Las compañías de Auditoría externa recomiendan que las compras se centralicen

ANALISIS DEL VALOR

Esto es un área nueva dentro de las adquisiciones. Implica la investigación de un artículo en términos de su función y precio para determinar las especificaciones más efectivas y el costo más bajo. O sea que el análisis del valor busca respuestas a preguntas como las siguientes:

- 1) ¿ Cual es la función del artículo y qué propósito debe cumplir ?
- 2) ¿ Qué materiales alternativos podrán usarse ?
- 3) ¿ Como podría simplificarse ?
- 4) ¿ Qué otro método de fabricación podría analizarse ?
- 5) ¿ Qué parte podría estandarizarse en vez de usar partes no estandar ?

Las respuestas a éstas preguntas suelen producir importantes ahorros.

Para llevar a cabo un análisis del valor, hay un procedimiento:

- 1) Analizar todos los hechos relacionados con el costo (especificaciones)
- 2) Consultar a Ingeniería del Producto sobre el diseño.
- 3) Consultar con todas las fuentes posibles y analizar las posibilidades de mejoras.
- 4) Cuando se tiene una idea del producto mejorado, consultar con el proveedor las posibilidades de hacer el producto mejorado.
- 5) Efectuar reporte que indique los ahorros que resultarán al incorporar las mejoras.

El analista de valor debe ser una persona muy creativa y que esté continuamente al tanto de todos los avances. Por otro lado debe manejar muy bien las relaciones humanas ya que el Ingeniero puede molestarse al cuestionar lo de su diseño.

Ejemplos:

- 1 .- La substitución de plástico por aluminio, ha traído ahorros del orden del 40 % y una reducción importante del peso.
- 2 .- El análisis del valor requiere de confianza entre los proveedores y los compradores.

La investigación de operaciones en las adquisiciones

Existen varias áreas en la investigación de operaciones que pueden ser aplicadas a las adquisiciones. En las negociaciones se puede emplear la teoría de los juegos. Se puede usar la simulación para las decisiones de fabricar o comprar. Se puede utilizar la programación lineal para minimizar los costos. Una de las técnicas de la investigación de operaciones es especialmente aplicable a las adquisiciones y se estudiará en este punto. La técnica se llama método Montecarlo. La idea básica es la siguiente: Si un gerente se ve enfrentado con un problema que implique la predicción de eventos inciertos, puede

usar la teoría de la probabilidad para hacer tales predicciones. La técnica es útil en especial cuando los datos no están distribuidos normalmente. Un ejemplo aclarará las aplicaciones de esta técnica.

Supongase que un fabricante utiliza un tipo de herramienta, en particular, en una máquina en un proceso de producción, y que debe determinar el número de herramientas que deben pedirse. Su experiencia le indica que una herramienta dada puede tener una vida útil corta o larga, dependiendo de un número de variables que no pueden ser completamente controladas, tales como el tipo de material en el cual se emplee la herramienta, variaciones en la calidad de la herramienta, nivel de destreza del operario que la emplee, el número de horas durante el día en las cuales la herramienta esté en uso, y así sucesivamente. Aun cuando no tenga suficiente información sobre estas variables para construir un modelo de predicción de causa y efecto, no es muy difícil determinar, por los registros del inventario de herramientas, la historia de la vida de la herramienta. Registrando la fecha en que se da salida a una nueva herramienta y cuando se recibe la herramienta desgastada, el empleado puede formular su historia. Por lo tanto, de estos registros se puede formular una distribución de frecuencia del número de días que duró la herramienta en el pasado.

Tales distribuciones de frecuencia quizá no reflejen una distribución estadística normal. Si la reflejan, el gerente podría usar la media aritmética más un número seleccionado de desviaciones estándar para llegar a una decisión con un nivel de confianza dado. Puesto que en este ejemplo, la historia de la vida de la herramienta exhibe una extraña distribución, se puede emplear la técnica Montecarlo para llegar a una decisión. Para propósitos de ilustración, en la Fig. 13-1 se muestra la distribución de frecuencia de la vida de la herramienta. Los datos en este histograma sirven como insumos para la simulación Montecarlo.

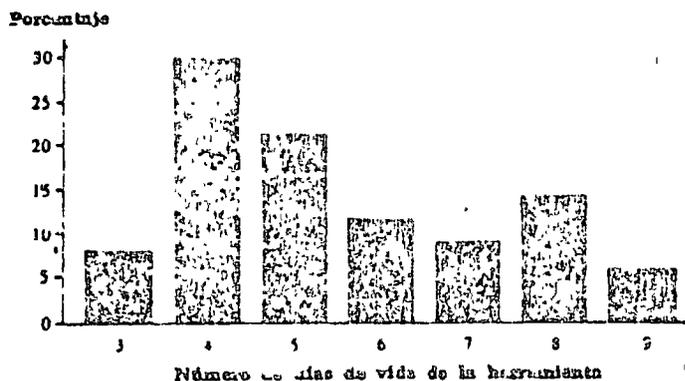


FIG. 13-1. Histograma de la vida de la herramienta

Una observación casual del histograma de la Fig. 12-1 revela que el 60% de las herramientas duran sólo cinco días o menos. El 40% restante dura seis, siete, ocho o nueve días, y que su distribución es un tanto inesperada, sobre todo en términos del porcentaje, relativamente grande, que dura ocho días.

Para ajustar este problema para la simulación Montecarlo, los porcentajes deberán ser convertidos en números al azar, como en la Tabla 13-1.

La función de la simulación Montecarlo es generar el uso esperado de la herramienta durante el tiempo con referencia especial a la distribución de las historias de vida. Toma en cuenta las influencias aleatorias en el proceso del uso y cada iteración de ensaye tiende a producir una respuesta distinta. Sin embargo, a la larga, las experiencias simuladas tenderán a representar la distribución de frecuencias de la historia de la vida de la herramienta sobre la cual está basado el simulador.

TABLA 13-1

Número de días	Porcentaje	Número al azar
3	8%	00-07
4	30	08-37
5	22	38-59
6	12	60-71
7	8	72-79
8	14	80-93
9	6	94-99

Con el fin de explorar la forma en que trabaja dicho simulador necesitamos establecer una cifra meta u objetivo. Supondremos que el gerente desea determinar qué cantidad de herramientas debe pedir para que le duren cincuenta días en la máquina. Es obvio que si cada una de las herramientas que emplee experimenta la vida de herramienta más larga (nueve días), por lo menos necesitará seis de ellas. Sin embargo, no es probable que esto suceda. Por otra parte, si la herramienta se desgasta en el menor tiempo experimentado (tres días) necesitará diecisiete herramientas. Tampoco es probable que esto suceda. Para determinar qué es lo más probable que suceda, tomando en cuenta las ocurrencias aleatorias, se puede emplear la simulación Montecarlo en la forma siguiente. Se generará un número al azar de una tabla de números al azar o internamente en un programa de computadora y se comprobará contra la gama de números al azar en la Tabla 13-1. El número de días asociado con la gama de números al azar será anotado a continuación. Si el total no es igual ni excede a cincuenta días, lo que no sucederá con el primer número, entonces se genera otro número al azar y el número de días que esté asociado a él se agrega al primer número de días. Nuevamente se ve si el total es igual o excede a cincuenta días. En caso negativo, se genera el siguiente número al azar, se registra el número de días y se comprueba contra la meta de los cincuenta días. Este procedimiento se repetirá hasta que se llegue o se rebase la meta, en cuyo punto se registrará el número total de herramientas que se necesitan para cumplir con el objetivo.

Los requerimientos totales representarán sólo una iteración o estimación del número de herramientas que se necesitan. Obviamente, como estamos trabajando con una distribución desusada, se puede tener poca confianza en la respuesta. Por lo tanto, se repite el ciclo por tantas iteraciones hasta que emerja el modelo. Para demostrar el procedimiento, en la Tabla 13-2 se describen cinco iteraciones.

165

TABLA 13-2. CINCO ITERACIONES DEL USO DE HERRAMIENTAS

Iteración 1		Iteración 2		Iteración 3		Iteración 4		Iteración 5	
Núm. al azar	Días	Núm. al azar	Días						
48	*	51	5	06	3	56	5	52	5
22	4	80	8	56	5	62	6	37	4
06	3	92	4	51	5	44	5	74	7
13	4	65	6	60	6	50	5	52	5
51	5	50	5	13	4	95	9	34	4
94	9	57	5	26	4	57	5	96	9
78	7	33	4	35	4	06	3	60	6
69	6	28	4	74	7	45	5	61	6
21	4	07	3	08	4	54	5	78	7
09	4	70	6	78	7	22	4		
				34	4				
Total de días = 51		Total de días = 54		Total de días = 53		Total de días = 52		Total de días = 53	
Núm. de herramientas = 10		Núm. de herramientas = 10		Núm. de herramientas = 11		Núm. de herramientas = 10		Núm. de herramientas = 9	

El resumen de estas cinco iteraciones revela que para alcanzar la meta de cincuenta días de uso o excederlos, en un caso se requieren nueve herramientas, en tres casos se requieren diez, y en un caso se requieren once. Se podría concluir que podríamos pasar el 80% del tiempo con una orden por diez herramientas y podríamos pasar el 100% del tiempo, estaríamos seguros con once herramientas. Sin embargo, esta conclusión no estaría garantizada debido a que el número de iteraciones es demasiado limitado en este punto. Es por completo obvio que se requieren más iteraciones para tener cierta confianza en la predicción.

Para llevar a cabo numerosas iteraciones es útil simular en una computadora. El procedimiento en computadora se programa con facilidad y el procedimiento en sí está idealmente adecuado para la computadora, es decir, implica una gran cantidad de cálculos y consultas a la tabla que harían que un humano se distrajera. Esto fue lo que se hizo con este problema utilizando una terminal remota conectada a una IBM 360 Modelo 50. Sólo se presenta un resumen de las cifras aquí para indicar el efecto de numerosas iteraciones sobre el proceso de simulación.

La primera serie de simulaciones implicó diez ensayos o iteraciones. Se repitió cinco veces con los siguientes resultados:

Núm de herramientas	7	8	9	10	11	12	Total
Simulación 1	0	2	0	4	4	0	10
Simulación 2	0	3	5	2	0	0	10
Simulación 3	0	2	0	4	4	0	10
Simulación 4	0	3	2	3	2	0	10
Simulación 5	0	3	5	2	0	0	10
Total	0	13	12	15	10	0	50

Así como la simulación inicial dio como resultado una distribución un tanto distorsionada de la historia de la vida de la herramien-

ta, estos cinco ensayos o iteraciones también reflejan historias distorsionadas. Por ejemplo, la simulación 1 nos haría creer que podríamos pedir diez herramientas a riesgo de quedarnos sin existencias el 40% del tiempo. La simulación 3 confirma esto. La simulación 4 indica que esta regla de decisión resultaría en quedar sin existencias el veinte por ciento del tiempo. Y las simulaciones 2 y 5 indican que no ocurrirán agotamientos de existencias si sólo ordenamos diez herramientas. Todas las cinco simulaciones parecen indicar que al pedir once herramientas se evitaría quedarse sin existencias. Otra vez esto es intuitivamente no realista. Para desarrollar respuestas más reales, se necesita un número mayor de iteraciones.

La segunda serie de simulaciones comprendió cincuenta ensayos o iteraciones. Se repitió cinco veces con los siguientes resultados:

Núm. de herramientas	7	8	9	10	11	12	13	Total
Simulación 1	0	6	21	19	3	1	0	50
Simulación 2	1	5	12	20	12	0	0	50
Simulación 3	0	4	22	13	8	3	0	50
Simulación 4	2	8	14	19	6	1	0	50
Simulación 5	2	7	15	21	4	0	1	50
Total	5	30	84	92	33	5	1	250

Aumentando las iteraciones de diez a cincuenta, principian a aparecer ciertos fenómenos reales. Hay varias simulaciones que contienen siete herramientas que no aparecen con una iteración límite de diez. En forma similar, hay un caso en el cual se requieren trece herramientas, lo que no aparece en las simulaciones que implicaron diez iteraciones. En general, la variación en términos de porcentajes tiende a reducirse de siete a trece herramientas.

Para explorar otro paso de aumento en el número de iteraciones, se corrió el programa de la computadora con cien iteraciones por simulación y el procedimiento de la simulación se repitió cinco veces. Los resultados son los siguientes:

Núm. de herramientas	7	8	9	10	11	12	13	Total
Simulación 1	0	16	38	32	12	1	1	100
Simulación 2	1	18	28	32	21	0	0	100
Simulación 3	1	15	36	30	14	4	4	100
Simulación 4	1	18	28	32	21	0	0	100
Simulación 5	1	9	31	41	18	0	0	100
Total	4	76	161	167	86	5	1	500

A este punto de la simulación Montecarlo, las predicciones del uso de herramientas principian a formar diseños razonablemente estables. La gama es claramente siete herramientas mínimo y trece

herramientas máximo. El porcentaje de las expectativas para determinados niveles de adquisición están resultando un tanto consistentes. Para comprobar, se hizo una corrida final empleando mil iteraciones. Los resultados son como sigue:

Número de herramientas	7	8	9	10	11	12	13	Total
	9	122	313	376	154	26	0	1000

La simulación de mil iteraciones indica que si se piden doce herramientas la probabilidad de que se agoten es cero. Si se piden once herramientas, la probabilidad de que se agoten aumenta al 2.6%. Si se piden diez herramientas, la probabilidad de que se agoten aumenta por otro 15.4% para un total del 18.0%. En este punto, el encargado de la decisión puede afirmar el riesgo que está dispuesto a correr y puede colocar su pedido con una idea relativamente específica del nivel de confianza con el cual está operando.

La historia del uso de herramientas presentada en este problema refleja un diseño que no se conforma con ninguna distribución estadística estándar y, como tal, se presta a la simulación Montecarlo. Si este modelo de uso se conformara a una distribución estadística estándar, se podría encontrar directamente la respuesta usando un promedio ponderado y calculando los límites de confianza. Aun cuando se use un generador de números al azar en la técnica Montecarlo el cual introduce cierta variabilidad aleatoria, es posible desarrollar grados de confianza, como se hizo en este problema usando los porcentajes reflejados por el histograma de las grandes simulaciones. Para indicar por qué ocurre esto, examinaremos un histograma sumamente extraño y lo sujetaremos al proceso de simulación Montecarlo. Este histograma se muestra en la Fig. 13-2.

En el caso de la Fig. 13-2, las herramientas tienen igual probabilidad de durar tres, cuatro, cinco, seis o siete días. Si se preguntara

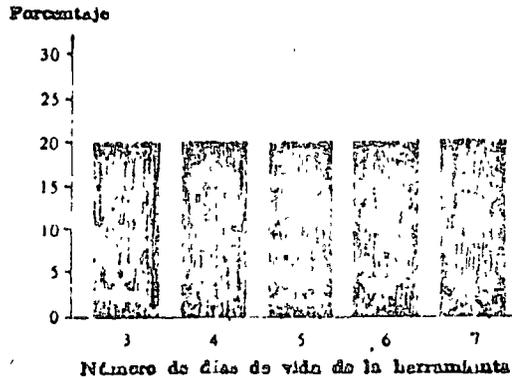


FIG. 13-2. Histograma de vida igual de la herramienta

cuántas herramientas se necesitarían para servir a una máquina durante cincuenta días, uno de los métodos sería el usar un promedio ponderado en la forma siguiente:

Núm. de días	Peso	Días ponderados
3	.20	.6
4	.20	.8
5	.20	1.0
6	.20	1.2
7	.20	1.4
		<u>5.0</u>

Dado un requerimiento de cincuenta días, y un promedio ponderado de vida de la herramienta de cinco días, llegamos a una necesidad promedio de diez herramientas. Para indicar la forma en que esto varía en una simulación Montecarlo, se corrieron diez ensayos y se repitió el proceso cinco veces con los resultados siguientes:

Num. de herramientas	8	9	10	11	12	13	Total	media
Simulación 1	0	1	8	1	0	0	10	10.00
Simulación 2	0	0	4	4	2	0	10	10.80
Simulación 3	0	1	5	3	1	0	10	10.40
Simulación 4	0	2	4	3	1	0	10	10.30
Simulación 5	0	1	3	3	3	0	10	10.80
Total	0	5	24	14	7	0	50	

Como indica lo anterior, existe un importante grado de variabilidad en las respuestas debido a la generación de números al azar para el uso de la herramienta. Las medias varían del 10.00 al 10.80, sin embargo, y se aproximan a la solución a que se llegó con la media ponderada. Para llevar la ilustración a un punto más, considérese el siguiente grupo de cinco simulaciones en las cuales se corrieron cien ensayos:

Núm. de herramientas	8	9	10	11	12	13	Total	media
Simulación 1	0	11	46	31	12	0	100	10.44
Simulación 2	2	16	42	29	8	3	100	10.34
Simulación 3	0	16	41	35	8	0	100	10.35
Simulación 4	2	13	45	31	8	1	100	10.33
Simulación 5	0	11	46	31	12	0	100	10.44
Total	4	67	220	157	48	4	500	

En este caso, la gama de las medias se redujo de 10.00-10.80 a 10.33-10.44 herramientas. Lo importante es que aun cuando la distribución original representaba iguales probabilidades de vida de la

herramienta como en la Fig. 13-2, las respuestas derivadas de la simulación forman una distribución que se aproxima a la curva normal. Por lo tanto, es posible establecer límites de confianza al llegar a una decisión. En el caso de los totales en la gráfica anterior para quinientas iteraciones, parecería que al pedir trece herramientas se cubrirían los requisitos de cincuenta días el 100% del tiempo. Pidiendo doce herramientas se cubrirían los requisitos del 99.2% del tiempo, pidiendo once herramientas se cubrirían los requisitos del 89.6% del tiempo, pidiendo diez herramientas se cubrirían los requisitos del 58.2% del tiempo. El encargado de la decisión, ayudado por estos límites de confianza está en mejor posición de elegir el número de herramientas que deba pedir.

Se ha dicho que el hombre que actua como su propio abogado tiene por cliente a un tanto. Esto es en especial cierto en términos de la función del agente de compras. Las funciones de adquisición comprenden muchos aspectos legales que sólo pueden ser explicados e interpretados por un abogado competente. El propósito de esta sección no es explicar las "normas" legales de las compras, sino sólo enumerar algunas de las áreas para las cuales debe buscarse el consejo de un abogado o del departamento jurídico de la compañía.

Una de las áreas más importantes en las que se requiere consejo legal es la de los contratos de compra. Como el contrato vincula legalmente a la compañía y al proveedor, es importante que los documentos que protejan a la compañía sean cuidadosamente formulados para que sirvan como contratos, formas de pedidos estándar y solicitudes para cotizaciones. Las solicitudes de cotización no son contratos, pero algunos proveedores las interpretan como tales, lo que conduce a malas interpretaciones y a problemas legales.

Otra área en la que pueden ser de ayuda los abogados es la interpretación de las leyes. Cuando se aprueban nuevas leyes y cuando los casos en las cortes cambian la interpretación de las leyes existentes, también tendrán que alterarse las actividades del agente de compras. Existen varias leyes en vigor que tratan sobre los precios justos, rebajas, descuentos, tarifas de carga y sobre otros temas que en algunos casos tienen que ser interpretadas cuando el agente cierra una operación.

Existen varios problemas legales que pueden presentarse en relación con el proveedor. En términos legales, el proveedor se refiere al vendedor, y el cliente es el comprador. En esta categoría caen los siguientes casos:

Cambios en las cláusulas del contrato.

Falsedad y fraude.

Contratos ilegales y contratos nulos.

Rechazo de los artículos despachados a la compañía.

Infracción al derecho de patente.

Reclamaciones por ajuste de seguro.

Daños causados por no hacer la entrega en la fecha estipulada

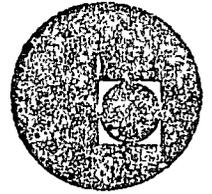
o por no apegarse a las especificaciones.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Cuáles son los objetivos del departamento de compras o adquisiciones?
2. ¿Cómo está relacionado el departamento de adquisiciones o compras con las siguientes áreas de una empresa comercial?
 - a. Producción.
 - b. Mercadotecnia.
 - c. Ingeniería.
 - d. Contabilidad.
 - e. Jurídico.
 - f. Recibo.
3. Explique el procedimiento de compra.
4. Indique las posibles fuentes de información relativas a las fuentes potenciales de abastecimiento.
5. Proporcione varias razones por las que no pueda aceptarse la cotización más baja.
6. ¿Cuál es la diferencia entre los descuentos comerciales, por cantidad y por pago oportuno?
7. ¿Es prudente que una compañía pida un préstamo a un banco al 6% de interés simple para aprovechar un descuento por pago oportuno sobre cuentas por pagar a 2/10, neto 30?
8. Explique las ventajas y desventajas de la centralización y la descentralización en las adquisiciones.
9. Explique las condiciones que afectan a la decisión de fabricar, comprar o rentar productos y servicios.
10. ¿Cuál es el análisis del valor?
11. Describa la forma en que puede usarse el método Montecarlo en las adquisiciones.
12. ¿Cuáles son los problemas legales que comprenden a los proveedores y al



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



TEMAS IMPORTANTES DE INGENIERIA
INDUSTRIAL

INTRODUCCION

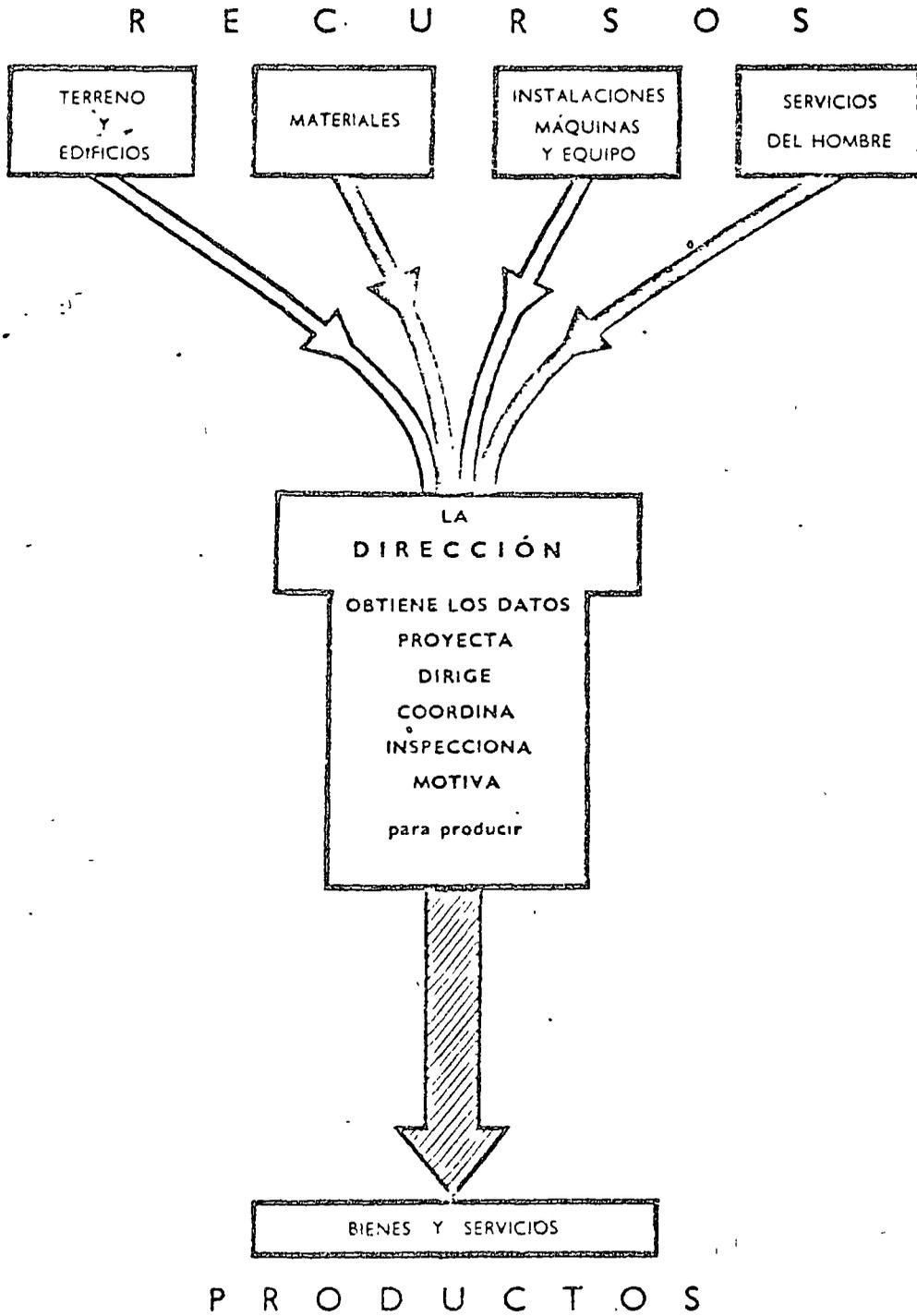
ING. ROBERTO R. B. HOLANDA

FEBRERO, 1978.

INGENIERIA INDUSTRIAL
-INTRODUCCION-

1. El principal objetivo de la Ingeniería Industrial es el aumento de la productividad en la producción de bienes o servicios. La productividad puede ser definida como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla.
2. El aumento de la productividad no debe ser considerado como el único objetivo de la Ingeniería Industrial, puesto que en algunos casos sus técnicas podrán ser utilizadas para, por ejemplo, aumentar el volumen de producción aunque esto conduzca a un ligero aumento de los costos y consecuentemente a una disminución de la productividad.
3. Los recursos utilizados para la producción de bienes y servicios son los siguientes: (véase la figura 1):
 - a) Terreno y edificios
 - b) Materiales
 - c) Instalaciones, máquinas y herramientas
 - d) Mano de obra directa e indirecta.
4. Una mayor productividad en cuanto a la utilización de estos recursos, ofrece posibilidades de elevar el nivel general de vida, principalmente mediante:
 - a) Mayores cantidades tanto de bienes de consumo como de bienes de producción a un precio menor.
 - b) Mayores ingresos reales.
 - c) Mejora de las condiciones de vida y trabajo, con inclusión de una menor duración del trabajo.
5. La productividad del terreno y de los edificios se refiere básicamente al mejor aprovechamiento del área disponible. Por lo tanto, en lo que se refiere a terrenos y edificios, el objetivo de la Ingeniería Industrial es alcanzar un mayor nivel de producción utilizándose el mínimo consumo.
6. Una mayor productividad en cuanto a la utilización de materiales, puede ser obtenida así:
 - a) En el momento de diseñar o especificar el producto.
 - A través de un diseño que asegure la fabricación del producto con el menor consumo posible de materiales, particularmente cuando éstos son escasos o caros, o cuando los desperdicios no pueden ser aprovechados.
 - A través de una elección adecuada de las instalaciones y de la forma de modo que éstos sean más económicos en lo relativo a los materiales necesarios para su funcionamiento (por ejemplo, combustible). Al mismo tiempo, el equipo deberá permitir un aprovechamiento máximo de las materias primas y un porcentaje mínimo de desperdicios.
 - b) En la fase de fabricación:
 - Asegurándose de que el procedimiento usado es el más adecuado.
 - Asegurándose de que los operarios están debidamente capacitados, para que no sea necesario rechazar su trabajo por defectuoso, con la consiguiente pérdida de material.

FIGURA 1. — PAPEL DE LA DIRECCIÓN EN LA COORDINACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA



- Cuidando de la manipulación y almacenamiento de los materiales en todas sus fases, desde su estado de materia prima hasta el artículo terminado.
- Cuidando de que el empaque utilizado sea el más conveniente para evitar desperfectos en la expedición de las mercaderías.

7. Analizemos ahora la productividad de las instalaciones, de la maquinaria y de la mano de obra. Inicialmente veamos como puede descomponerse el tiempo total invertido en un trabajo (véase la figura 2):

El contenido total de trabajo significa la cantidad total de trabajo invertido en un producto o operación determinados, evaluado en horas-hombre o en horas-máquina.

El contenido básico de trabajo es el tiempo mínimo (teórico) irremisible que se invierte en efectuar un trabajo.

En la práctica, el contenido total de trabajo de una operación o proceso es siempre mayor que el contenido básico de trabajo, debido a los siguientes elementos (otros contenidos) que se suman al contenido básico:

a) Contenido de trabajo suplementario debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del producto. Por ejemplo, el mal diseño podrá impedir el uso de los procedimientos más económicos. Algunas técnicas utilizadas para reducir este contenido son: (véanse las figuras 3 y 4):

- El desarrollo del producto, el cual reduce el exceso de contenido de trabajo debido a deficiencias de diseño.
- El estudio de mercado y de las necesidades de la clientela, lo que garantiza normas correctas de calidad.
- Etc.

b) Contenido suplementario debido a métodos ineficaces de producción o de funcionamiento. Por ejemplo, la utilización de maquinaria inadecuada. Algunas técnicas utilizadas para reducir este contenido son:

- La planificación del proceso, que asegura la elección de la maquinaria adecuada (figura 5).
- El estudio de métodos, que reduce el contenido de trabajo inevitable a la mala disposición de los locales y a métodos de trabajo que no son los más eficientes (figura 5).
- Etc.

8. El concepto de contenido total de trabajo presupone una labor ininterrumpida que en la práctica raras veces se logra. Toda interrupción que obliga al trabajador o a la máquina o a ambos, a suspender la producción o las operaciones que estaban siendo realizadas, debe ser considerada tiempo improductivo y éste no deberá ser incluido en el contenido total de trabajo. La suma del contenido total de trabajo y del tiempo improductivo es el tiempo total para la realización de la operación o proceso.

El tiempo improductivo puede ser (véanse las figuras 4 y 6):

a) Tiempo improductivo debido a deficiencias de la Dirección. Por ejemplo, podrá existir una variedad excesiva de productos, lo que conduce a un tiempo de inactividad por brevedad de períodos de producción. Algunas técnicas utilizadas para reducir este tipo de tiempo improductivo son:

FIGURA 2. — CÓMO SE DESCOMPONE EL TIEMPO DE FABRICACIÓN

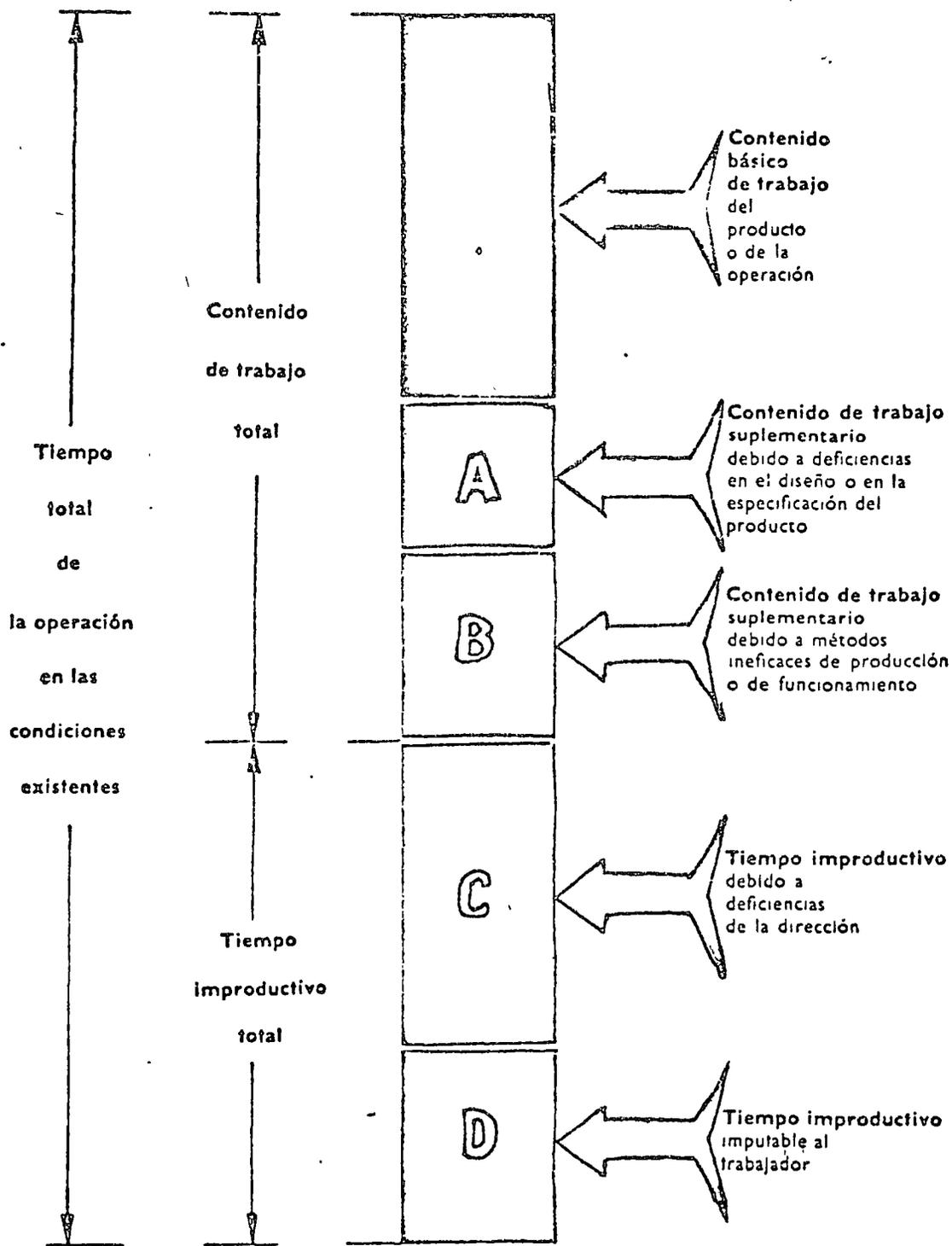


FIGURA 3. — CONTENIDO DE TRABAJO DECIDO AL PRODUCTO Y AL PROCESO

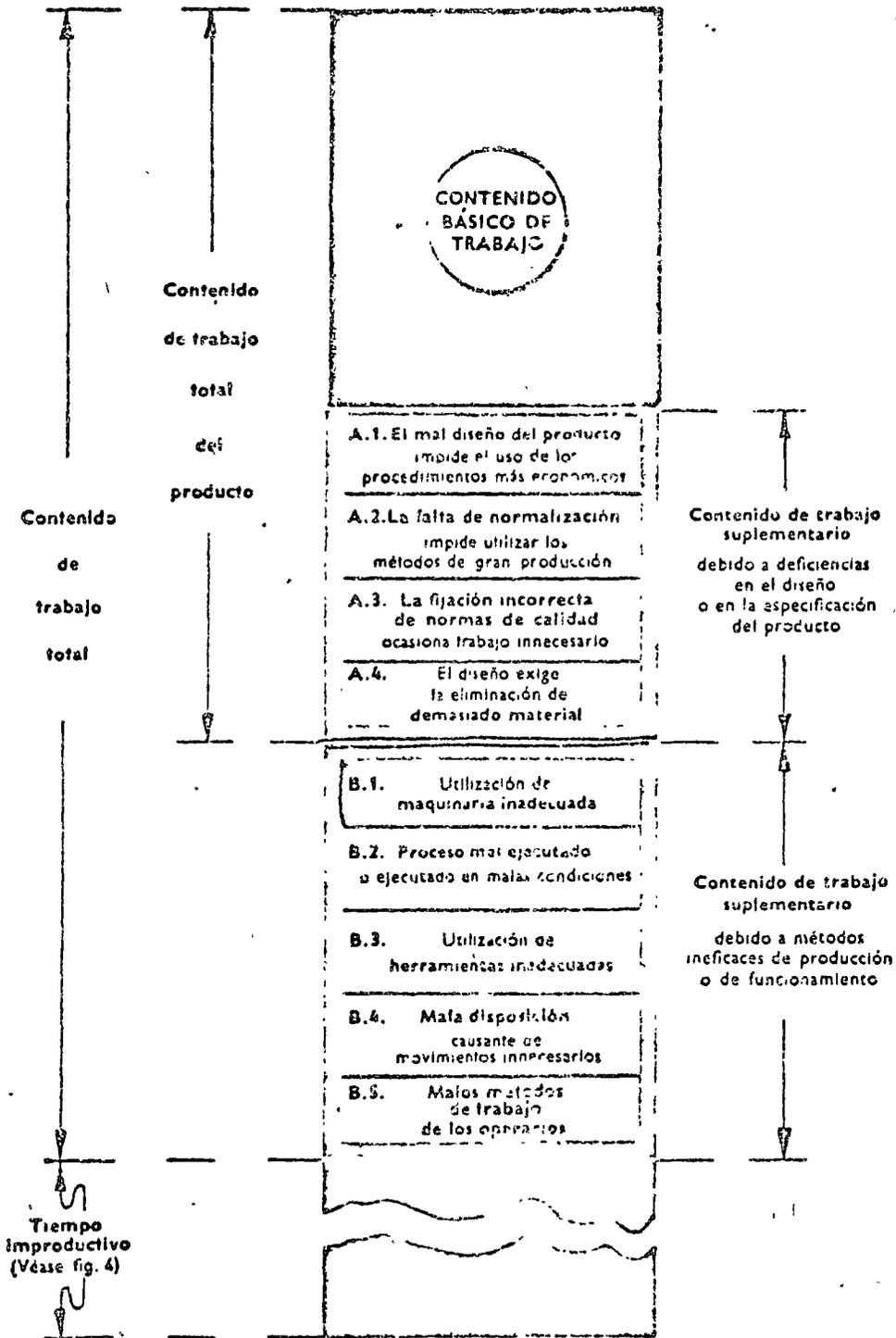


FIGURA 4. -- TIEMPO IMPRODUCTIVO IMPUTABLE A LA DIRECCIÓN Y A LOS TRABAJADORES

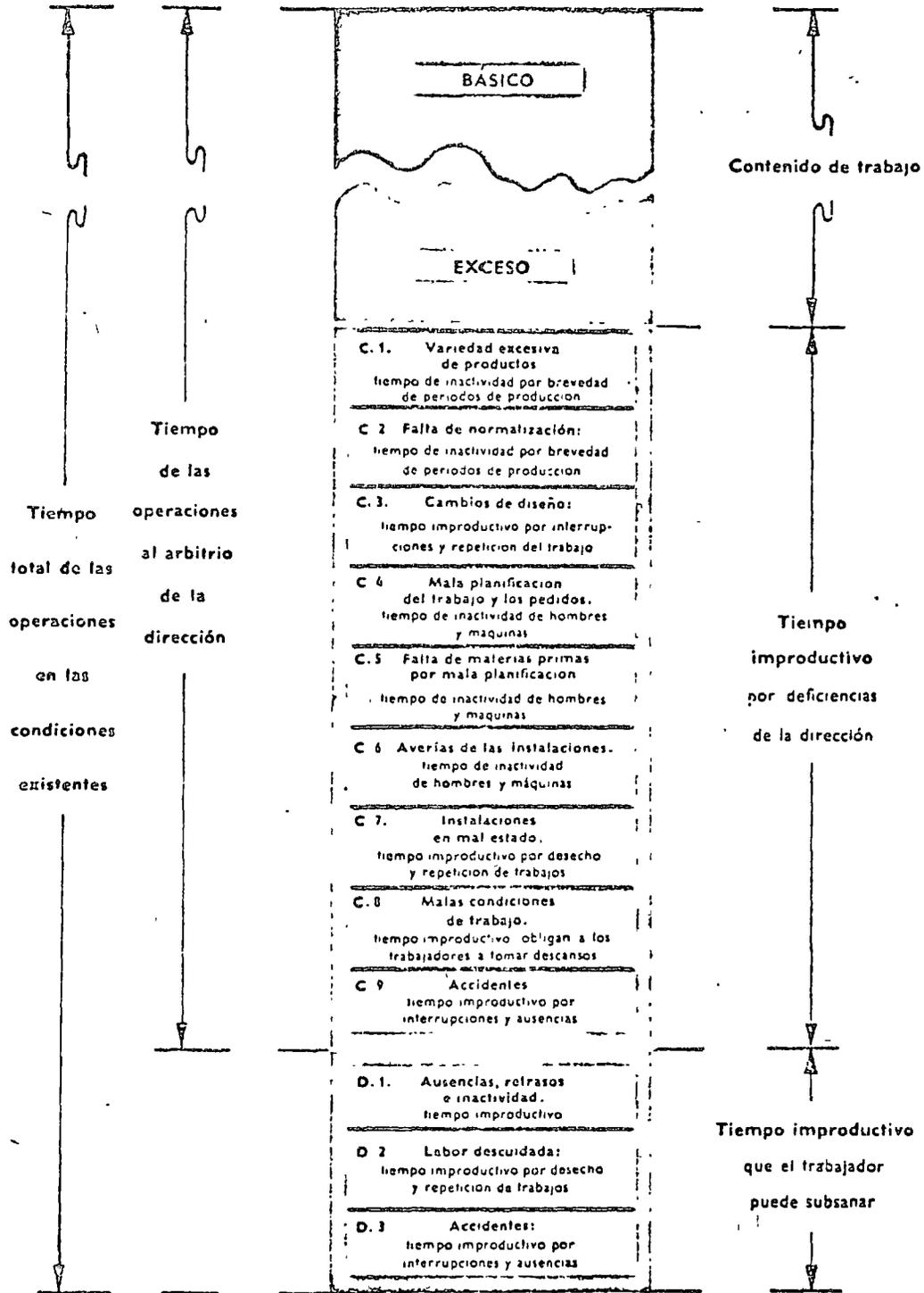


FIGURA 5. — CÓMO PUEDEN LAS TÉCNICAS DE DIRECCIÓN REDUCIR EL EXCESO DE CONTENIDO DE TRABAJO

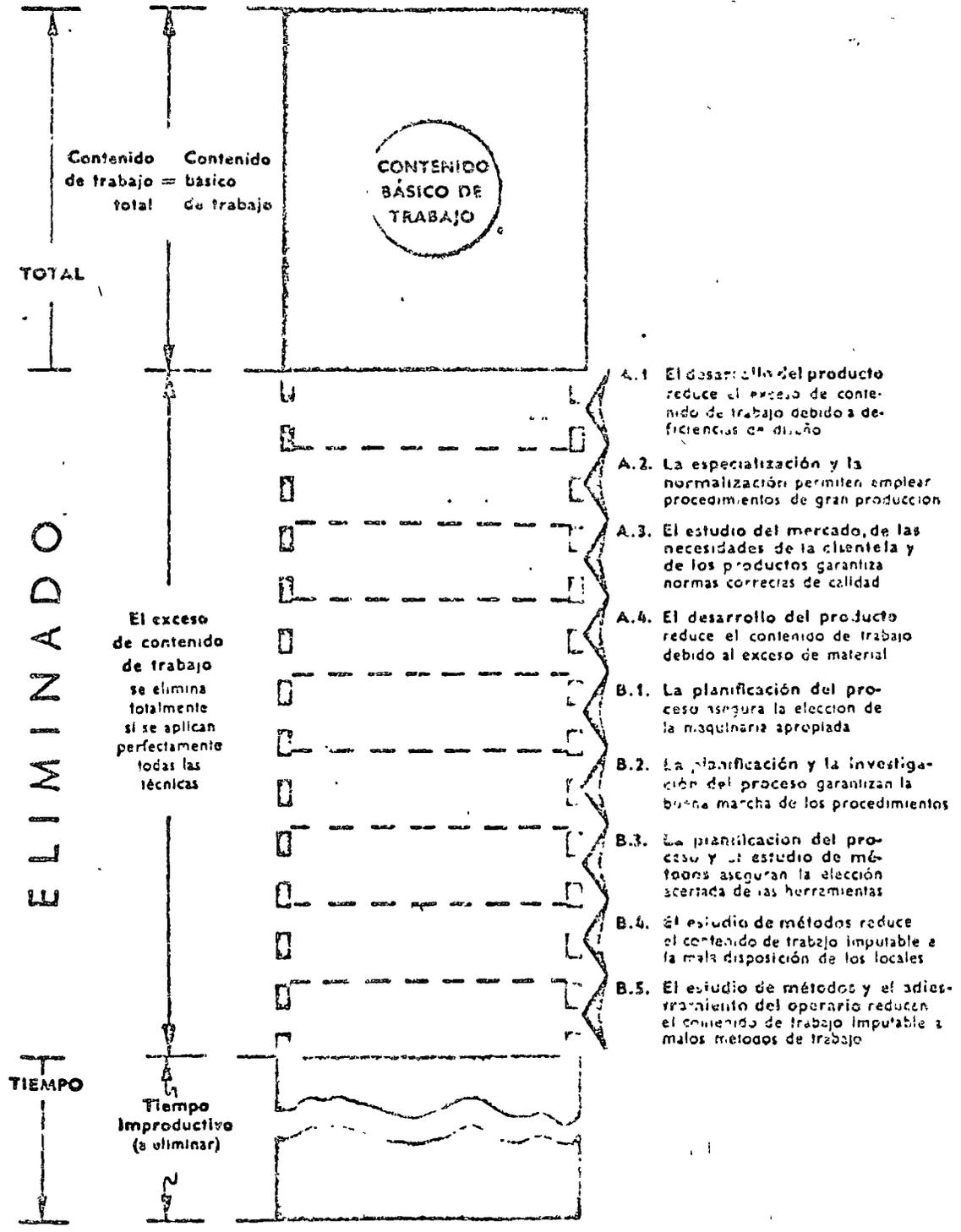
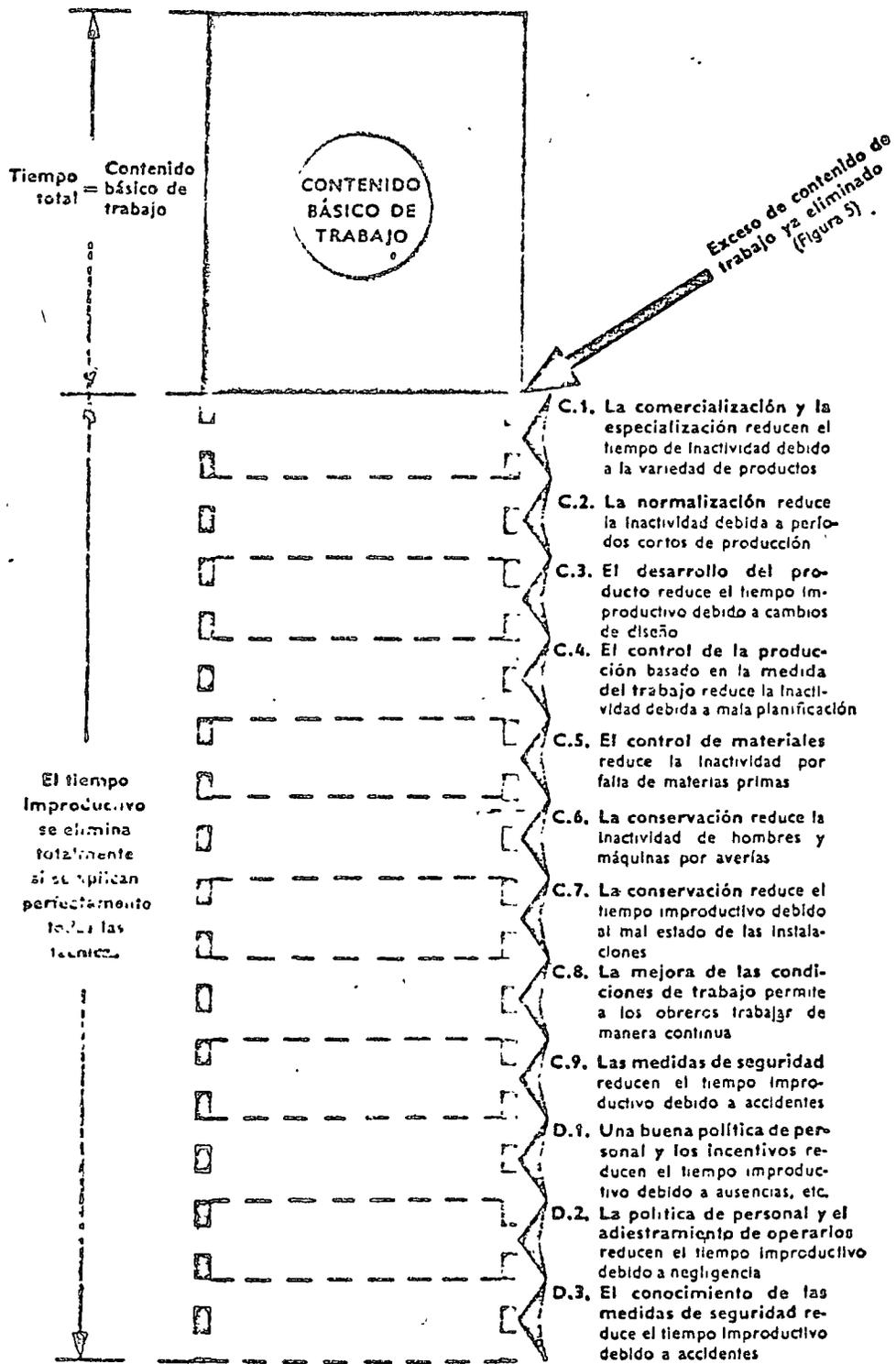


FIGURA 6. — CÓMO PUEDEN LAS TÉCNICAS DE DIRECCIÓN REDUCIR EL TIEMPO IMPRODUCTIVO



- La comercialización y la especialización, que reducen el tiempo de inactividad debido a la variedad excesiva de productos.
- El desarrollo del producto, que reduce el tiempo improductivo debido a cambios de diseño.

- Etc.

b) Tiempo improductivo imputable al trabajador. Por ejemplo, ausencias, retrasos e inactividad. Algunas técnicas utilizadas para reducirlo son:

- Una buena política de personal y de incentivos, que reduce el tiempo improductivo debido a ausencias, etc.
- Un buen sistema de seguridad, que reduce el tiempo improductivo debido a accidentes.

- Etc.

ESTUDIO DEL TRABAJO

9. El estudio del trabajo es la aplicación de las técnicas del estudio de métodos y de la medida del trabajo, mediante las cuales se asegura el mejor aprovechamiento posible de los recursos humanos y materiales para llevar a cabo una actividad determinada.

Vemos, por lo tanto, que el estudio del trabajo está dividido en las dos siguientes partes:

- a) Estudio de métodos: es el registro, análisis y examen crítico sistemáticos de los modos existentes de llevar a cabo un trabajo, y el desarrollo y aplicación de métodos más sencillos y eficaces.
- b) Medida del trabajo: es la aplicación de técnicas para la investigación y reducción del tiempo improductivo y para la determinación del contenido de trabajo de una actividad definida, fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo, con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

10. Es muy íntima la relación existente entre el estudio de métodos y la medida del trabajo. El primero se refiere a la reducción del contenido de trabajo de la actividad, mientras que el segundo trata de la investigación y reducción del tiempo improductivo, y de la medida del contenido de trabajo previamente establecido mediante el estudio de métodos.

11. Generalmente, el estudio de métodos debe preceder al empleo de la medida del trabajo, puesto que no tiene caso medir una actividad cuyos métodos (y consecuentemente su duración) van a cambiar. Sin embargo, en ciertos casos algunas técnicas de la medida del trabajo pueden ser utilizadas antes del estudio de métodos (por ejemplo, las técnicas de muestreo del trabajo). Por otro lado, también se puede utilizar la medida del trabajo para comparar la eficacia relativa de los métodos actual y propuesto.

12. Es siempre preciso recorrer 8 etapas fundamentales para realizar un estudio del trabajo completo, 3 de las cuales son comunes a los procedimientos del estudio de métodos (E.M.) y a la medida del trabajo (M.T.). Las 3 etapas son las siguientes:

- a) SELECCIONAR la operación o proceso a estudiar (E.M. y M.T.).
- b) REGISTRAR mediante la observación directa todo lo que se refiere a la operación o proceso a estudiar utilizando las técnicas más apropiadas y disponiendo los datos de la forma más conveniente para su análisis (E.M. y M.T.).

- c) EXAMINAR los hechos registrados con espíritu crítico, analizando cada acción y teniendo presente el propósito de la actividad, el lugar donde se lleva a cabo, el orden en que se ejecuta, quién la ejecuta y los métodos empleados (E.M. y M.T.).
- d) DESARROLLAR el método más eficaz, teniendo en cuenta todas las circunstancias (E.M.).
- e) MEDIR la cantidad de trabajo que exige el método elegido y calcular un tiempo medio (estándar) para su ejecución (M.T.).
- f) ADOPTAR el nuevo método como práctica general en el tiempo fijado (E.M.).
- g) MANTENER la nueva norma mediante un procedimiento de control adecuado (E.M.).

xxxxxxxxxxxxxxxx

INGENIERIA INDUSTRIAL
-ESTUDIO DE METODOS-

1. Como hemos visto anteriormente, en un estudio de métodos las siguientes etapas deben de ser llevadas a cabo:
 - a) SELECCIONAR el trabajo que va a ser objeto de estudio.
 - b) REGISTRAR todos los hechos pertinentes acerca del método actual mediante la observación directa.
 - c) EXAMINAR esos hechos críticamente en sucesión ordenada, utilizando las técnicas más apropiadas en cada caso.
 - d) DESARROLLAR el método más práctico, económico y eficaz, teniendo debidamente en cuenta todas las contingencias posibles.
 - e) ADOPTAR ese método como práctica uniforme.
 - f) MANTENER dicho método mediante comprobaciones regulares.

La sencillez del procedimiento base no debe hacer creer a los alumnos que el estudio de métodos es fácil y que carece de importancia. Al contrario, el estudio de métodos puede ser muy complejo, aunque para facilitar su descripción lo hayamos reducido a unas cuantas etapas sencillas.

LA ETAPA SELECCIONAR

2. Cuando se trate de decidir si deberá aplicarse el estudio de métodos a un determinado trabajo, es menester tener presente los factores siguientes:
 - a) Consideraciones de índole económica.
 - b) Consideraciones de orden técnico.
 - c) Reacciones humanas.

Consideraciones de índole económica

3. Las consideraciones de índole económica son importantes en todas las etapas. Sería naturalmente perder el tiempo iniciar o continuar un largo estudio cuando es poca la importancia económica relativa de un trabajo o si se considera que éste no ha de durar mucho tiempo. Por lo tanto, hay que preguntarse siempre en primer lugar: ¿Vale la pena la realización de un estudio de métodos para este trabajo?

Los trabajos cuya selección se impone desde un principio son los siguientes:

- Los cuellos de botella, que retrasan otras operaciones.
- Los desplazamientos importantes de materiales entre talleres muy distantes y las operaciones que requieren gran cantidad de mano de obra y de equipo o que representan un porcentaje relativamente alto de los costos totales de producción.
- Las operaciones que impliquen trabajo repetitivo, con gran número de obreros y que puedan durar mucho tiempo.

Consideraciones de orden técnico

4. Las consideraciones de orden técnico suelen ser evidentes. Lo más importante es disponer de la colaboración técnica necesaria para llevar a cabo el estudio. Por ejemplo:

- Se podrá deducir que un cuello de botella podría ser eliminado si se aumentara la velocidad de corte de una máquina herramienta dada. Sin embargo, para decidir si esta alternativa es factible, tendríamos que contestar a las siguientes preguntas: ¿Qué características deberían tener las nuevas herramientas para resistir a las mayores velocidades de corte? ¿Podrá la máquina resistir el nuevo ritmo? ¿Podrá la estructura del edificio resistir las vibraciones resultantes? Las respuestas a estas preguntas requieren de consideraciones de orden técnico que en la mayoría de las veces no pueden ser llevadas a cabo por las personas que están realizando el estudio de métodos. En estos casos, las respuestas deberán darlas los especialistas en máquinas herramientas y los ingenieros civiles, respectivamente.
- Mediante la aplicación de la técnica de desarrollo del producto, se podrá sugerir un cambio en el diseño del producto, con el fin de reducir el desperdicio de material. Sin embargo, para analizar la factibilidad de este cambio, la opinión de diversos especialistas podrá ser necesaria. Por ejemplo, se podrá consultar un especialista en fundición para saber si es posible cambiar el molde utilizado en la fabricación del producto. En estos casos, el estudio del cambio de diseño será en parte un problema técnico que requerirá de conocimientos de áreas específicas y consecuentemente los ingenieros industriales necesitarán la ayuda de los especialistas en dichas áreas.

Reacciones humanas

5. Las reacciones humanas son muy difíciles de prever, pues es preciso imaginar por anticipado las de índole mental y emocional ante la investigación y los cambios de método. Debe instruirse a los dirigentes sindicales, a los representantes de los trabajadores y a los obreros mismos sobre los principios generales y objetivos reales del estudio de métodos. Si a pesar de ello el estudio de un trabajo dado causa malestar o resentimiento, en la mayoría de los casos es mejor abandonarlo, por muy prometedor que parezca desde el punto de vista económico. Si se estudian con éxito otras actividades y son evidentes los beneficios resultantes para todos los que toman parte en los mismos, probablemente se producirá un cambio de opinión y llegará el momento oportuno de volver a emprender el primer estudio.

Los trabajadores aceptarán de mejor grado el estudio de métodos si las tareas elegidas en primer lugar son las menos gratas para ellos, como las faenas sucias o los trabajos que requieren levantar grandes pesos. Si se consigue mejorar tales faenas y eliminar sus características más desagradables, los obreros comprenderán que el estudio de métodos reduce efectivamente el esfuerzo y la fatiga y le dispensarán buena acogida.

POSIBILIDADES DE SELECCION

6. En la lista que presentamos a continuación se expone el campo general de selección del trabajo a estudiar, desde la investigación más amplia posible que puede abarcar el funcionamiento general de la fábrica, hasta el estudio de los movimientos de un obrero. Al lado de cada clase de trabajo se enumeran las técnicas que pueden aplicarse. Es de señalar, que en el curso de una sola investigación es posible aplicar dos o más de dichas técnicas e incluso todas ellas. Estas técnicas serán discutidas en los párrafos posteriores.

PROBLEMAS INDUSTRIALES TÍPICOS Y TÉCNICAS ADECUADAS
PARA EL ESTUDIO DE MÉTODOS

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS	TÉCNICA
Ciclo completo de fabricación	Fabricación de un motor eléctrico partiendo de la materia prima hasta la expedición del producto acabado. Transformación del hilo en tela, desde la fase de preparación a la de inspección. Recibir, embalar y expedir fruta.	Diagrama de las operaciones del proceso. Diagrama de análisis del proceso (capítulo 8).
Disposición de la fábrica — Movimiento de materiales	Movimientos de la culata de un cilindro de motor diesel durante todas las operaciones de ajuste. Movimientos de cereales entre las diversas operaciones de la molinera.	Diagrama de recorrido. Modelos (capítulo 9).
Disposición de la fábrica — Movimiento de los trabajadores	Operarios trabajando en hiladoras con devanadera. Cocineros preparando las comidas en la cocina de un restaurante.	Diagrama de hilos (capítulo 10).
Manipulación de materiales	Meter y sacar materiales del almacén. Cargar los camiones con productos acabados.	Diagrama de análisis del proceso. Diagrama de recorrido. Diagrama de hilos. Conocimiento especializado del equipo para la manipulación de materiales (capítulos 8 y 9)
Disposición del lugar de trabajo.	Trabajo ligero de montaje en un banco. Tipografía a mano.	Diagrama del operario en el proceso (capítulo 10). Diagrama bimanual. Diagrama de movimientos simultáneos (capítulo 11).
Trabajo de una cuadrilla u operación de una máquina automática	Cadena de producción. Operario a cargo de torno semiautomático.	Diagrama de actividades múltiples. Diagrama hombre-máquina (capítulo 10).
Movimientos de los operarios en el trabajo.	Operarios en trabajo de repetición, ciclo breve. Operaciones que exigen habilidad manual extraordinaria.	Películas. Diagrama de análisis de películas. Diagrama de movimientos simultáneos (capítulo 11).

7. Al elegir un trabajo, es conveniente hacer una lista con las principales características del trabajo a estudiar, para que se pueda hacer rápidamente una evaluación de los resultados potenciales del estudio. Esta lista podrá incluir lo que se muestra en la próxima página.

La utilización de una lista como la citada impedirá, por ejemplo, que el ingeniero industrial se ponga a estudiar una pequeña tarea de banco de taller que exigiría un estudio minucioso de los movimientos del trabajador y sólo daría por resultado economizar unos pocos segundos en cada operación o unos pocos pesos, a menos que un gran número de operaciones tomaran parte en ella, de suerte que la economía total realizada modificase considerablemente los gastos de la fábrica. De nada sirve preocuparse por diferencias de segundos o por centímetros de movimiento, cuando existe un gran desperdicio de tiempo y de esfuerzo motivado por la mala disposición de la fábrica o la manipulación de material pesado.

Por último, es preciso recordar el consejo: "no utilices una cuclera cuando se necesita una pala mecánica".

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

LISTA DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO A ESTUDIAR

1. Producto y operación:
2. Investigación propuesta por:
3. Motivos de la propuesta:
4. Límites de la investigación que se sugieren:
5. Particularidades del trabajo:
 - a) Volumen de producción o manipulación por unidad de tiempo (día, semana, mes, etc).
 - b) ¿Qué porcentaje aproximado representa del total producido o manipulado en la planta?
 - c) Duración actual del trabajo.
 - d) ¿Será mayor o menor en el futuro (duración y volúmenes)?
 - e) ¿Cuántos operarios toman parte en el trabajo:
 - .. directamente;
 - .. indirectamente?
 - f) ¿Cuántos operarios de cada categoría y qué tasas de remuneración?
 - g) Producción media diaria por operario o equipo.
 - h) ¿Cómo se efectúa la remuneración (por equipos, tarea, primas, horas, etc)?
 - i) Producción diaria del mejor operario y del peor operario.
 - j) ¿Cuándo se fijaron las normas de producción?
 - k) ¿Tiene el trabajo aspectos particularmente desagradables o nocivos? ¿Es impopular entre los obreros? ¿entre los capataces?
6. Equipo:
 - a) Costo aproximado de instalaciones y equipo.
 - b) Utilización actual de la maquinaria.
7. Disposición de los locales:
 - a) ¿Es suficiente el espacio actualmente destinado al trabajo?
 - b) ¿Existe más espacio disponible?
 - c) ¿Es importante reducir el espacio actualmente ocupado?
8. Producto:
 - a) ¿Hay cambios frecuentes de diseño?
 - b) ¿Es posible modificar el producto para hacer más fácil su producción?
 - c) Nivel de calidad exigido.
 - d) Cuándo y cómo se efectúa la inspección del producto.
9. Economías o aumento de productividad que se espera:
 - a) Mediante la reducción del contenido de trabajo.
 - b) Mediante un mayor aprovechamiento de la maquinaria.
 - c) Mediante un mayor aprovechamiento de la mano de obra.

ETAPAS DEL ESTUDIO DE METODOS: REGISTRAR,
EXAMINAR, DESARROLLAR, ADOPTAR Y MANTENER

REGISTRAR

1. Después de elegir el trabajo que va a ser objeto de estudio, la siguiente etapa del procedimiento básico es la dedicada a registrar todos los hechos relativos al método existente. El éxito de todo el procedimiento depende del grado de exactitud con que se registren los hechos, puesto que éstos han de servir de base para el examen crítico y el desarrollo del método perfeccionado. Por lo tanto, es esencial que las anotaciones sean claras y concisas. A continuación analizaremos diversas técnicas utilizadas para los registros y que de una forma general son llamadas diagramas del proceso.

Diagrama del proceso

2. El diagrama del proceso es la representación gráfica de la sucesión de hechos o fases que se presentan al aplicar el método o procedimiento de trabajo, clasificándolos mediante símbolos según la naturaleza de cada cual. Es un modo de dar forma visible a un procedimiento con el propósito de mejorarlo.

Las actividades principales en un proceso son la OPERACION y la INSPECCION que se representan mediante los símbolos siguientes:

OPERACION: ○

INSPECCION: □

Se dice que hay una operación cuando se modifican intencionalmente cualesquiera características físicas o químicas de un objeto, cuando éste se monta o desmonta con relación a otro objeto o se prepara para una operación subsiguiente, que puede ser un transporte, una inspección o un almacenamiento. También existe una operación cuando se facilita o recibe información, se firma un documento, se realiza un trámite cualquiera o se hacen cálculos o planos.

Mediante la operación, el material, parte componente o servicio da un paso más hacia la terminación del ciclo correspondiente a su fabricación y consecuentemente se agrega valor al material o documento procesado.

Se dice que hay una inspección cuando un objeto es examinado para fines de identificación, para comprobar la cantidad o calidad de cualquiera de sus propiedades, o para checar la realización de trámites burocráticos, cálculos, etc.

La inspección no contribuye a la conversión del material o documento en producto o servicio terminado. Únicamente sirve para comprobar una o varias operaciones anteriores han sido ejecutadas correctamente. Si los seres humanos y las máquinas fueran infalibles, las inspecciones serían innecesarias.

Otros símbolos utilizados son los siguientes:

TRANSPORTE: ⇨

ESPERA O ALMACENAMIENTO TEMPORAL (DEMORA): D

ALMACENAMIENTO: ▽

ACTIVIDADES COMBINADAS: ○◻, ◻○

Hay transporte cuando el objeto es trasladado, de un lugar a otro, salvo cuando el traslado forme parte de una operación o inspección, o sea efectuado por los operarios en su lugar de trabajo. Obviamente, en algunos casos muy especiales en que el transporte forme parte de la operación, se podrá utilizar el símbolo .

Hay espera con relación a un objeto o documento, cuando las condiciones no permiten o no requieren la ejecución de la acción siguiente prevista. Por ejemplo, hay espera cuando el trabajo se amontona en el suelo de un taller entre una máquina y otra, o hay cajas en espera para ser desempacadas o hay una carta en espera de la firma.

Existe almacenamiento cuando un objeto es guardado y protegido contra el traslado no autorizado del mismo. La diferencia entre almacenamiento y espera consiste en que para sacar un artículo que esté almacenado se necesita una petición, requisición u otra autorización oficial que no es necesaria cuando se trata de almacenamiento temporal (espera).

A continuación analizaremos los siguientes tipos de diagramas del proceso:

- a) Diagrama de las operaciones del proceso.
- b) Diagrama de análisis del proceso.
- c) Diagrama de recorrido.
- d) Diagrama de actividades múltiples.
- e) Diagrama hombre-máquina.
- f) Diagrama bimanual.

Diagrama de las operaciones del proceso

3. El diagrama de las operaciones del proceso es la representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones e inspecciones de que consta el proceso o procedimiento, con indicación de los puntos de entrada de los materiales y de los puntos de ensamble. Generalmente se registran en él solamente las operaciones e inspecciones principales efectuadas sin tener en cuenta quién las ejecuta ni dónde se llevan a cabo. El diagrama de las operaciones del proceso es por lo tanto una representación gráfica que sirve para dar una idea general sobre la totalidad del proceso o actividad, antes de emprender un estudio detallado.

En la próxima página presentamos un diagrama de las operaciones del proceso. Como se puede observar, este diagrama podrá incluir el tiempo para la realización de las operaciones y/o inspecciones.

Diagrama de análisis del proceso

4. El diagrama de análisis del proceso indica las diversas actividades a que da lugar un trabajo o un producto en la fábrica o departamento, anotando todas ellas por medio de los símbolos apropiados. Como veremos más adelante, este tipo de diagrama sólo es conveniente para seguir el procesamiento de un solo producto, pieza o documento, puesto que en él no se puede indicar simultáneamente el procesamiento de varias piezas que irán a ser ensambladas al final para formar un solo producto.

Las actividades del proceso puedan referirse al material o al operario. Los diagramas de análisis del proceso tratan concretamente de los procedimientos, inspecciones y movimientos a que son sometidos los materiales. Los diagramas del proceso que expresan las actividades del hombre se denominan diagramas del operario en el proceso y daremos algunos ejemplos más adelante.

FIGURA 7- DIAGRAMA DE LAS OPERACIONES DEL PROCESO MONTAJE DE UN ROTOR DE INTERRUPTOR

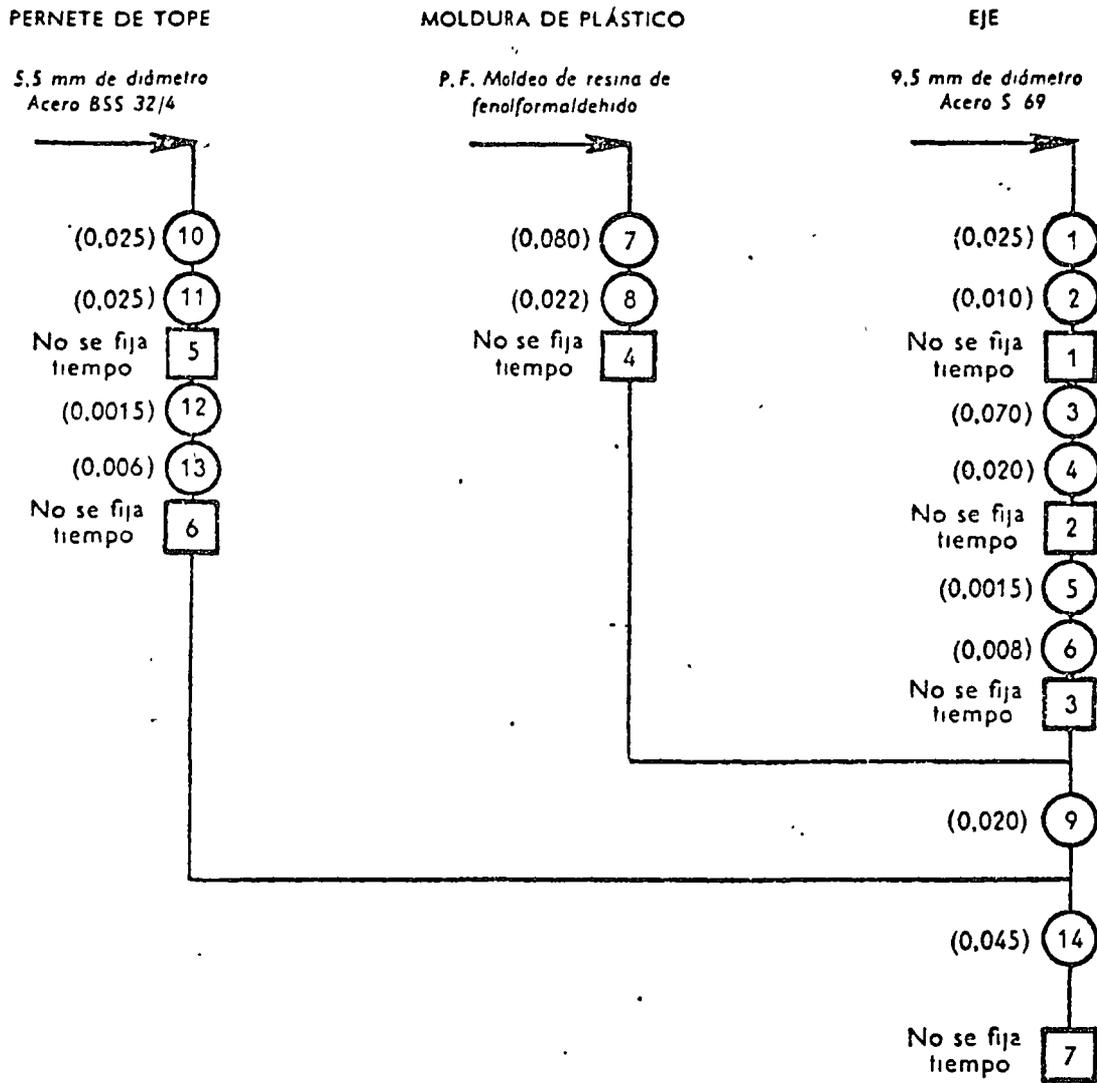
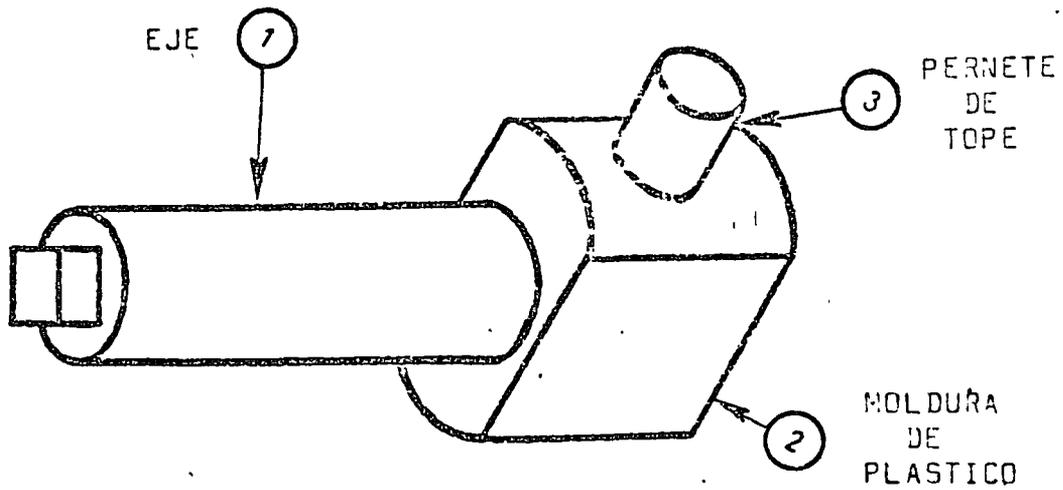


FIGURA 8- ROTOR DE INTERRUPTOR



OPERACIONES E INSPECCIONES LLEVADAS A CABO PARA EL
MONTAJE DE UN ROTOR DE INTERRUPTOR

Operación 1: Cepillar, torneár, muescar y cortar en un torno revólver de 12.7 mm (0.025 de hora).

Operación 2: Cepillar el extremo opuesto en la misma máquina (0.010 de hora). Después de esta operación, el trabajo pasa al departamento de inspección:

Inspección 1: Comprobar las dimensiones y acabado.

Del departamento de inspección, el trabajo pasa a la sección de fresado:

Operación 3: Fresa recta acoplada en fresadora horizontal (0.070 h)

El trabajo pasa seguidamente al banco de desbarbado:

Operación 4: Eliminar la rebaba en el banco de desbarbado (0.020 h)

El trabajo vuelve al departamento de inspección para:

Inspección 2: Inspección final del fresado.

El trabajo pasa al taller de galvanoplastia para:

Operación 5: Desengrasar (0.0015 h).

Operación 6: Laminado (0.008 h).

Del taller de galvanoplastia el trabajo pasa nuevamente a inspección:

Inspección 3: Comprobación final.

La moldura de plástico lleva un orificio concéntrico al eje longitudinal.

Operación 7: Cepillar por ambos lados, taladrar y ajustar al diámetro deseado en el torno revólver (0.080 h).

Operación 8: Hacer un orificio transversal (para el pernete de tope) y desbarbar en taladradora de doble huso (0.022 h).

Seguidamente el trabajo pasa a inspección para:

Inspección 4: Comprobación final de las dimensiones y acabado.

Pasa seguidamente al almacén de piezas terminadas hasta que se necesita para el montaje.

Operación 9: Montar la moldura en la parte pequeña del eje y hacer el taladro para el pernete de tope (2mm), de parte a parte (0.020h)

Seguidamente se procede a la inserción del pernete de tope, compuesto por una varilla de acero de unos 5.5 mm de diámetro, que ha sido fabricada de la manera siguiente:

Operación 10: Tornear una espiga de 2mm de diámetro, biselar el extremo y cortar la extremidad en un torno revólver (0.025 h).

Operación 11: Quitar las rebabas con una pulidora (0.005 h).

Inspección 5: Examinar dimensiones y acabado (en el depto. de inspección).

Operación 12: Desengrasar (0.0015 h) (en el taller de galvanoplastia).

Operación 13: Laminado (0.006 h) (en el taller de galvanoplastia).

Inspección 6: Comprobación final (en el depto. de inspección).

Seguidamente pasa al almacén de piezas terminadas de donde sale para:

Operación 14: Fijar pernete de tope al montaje, remachándolo ligeramente para afianzarlo (0.045 h).

Inspección 7: Inspección final del montaje terminado (vuelve al almacén)

En la próxima página damos un ejemplo de un diagrama de análisis del proceso. Cuando se utilizan regularmente los diagramas de análisis del proceso, es conveniente emplear hojas impresas o mimeografiadas del tipo que se muestra a continuación (página 22).

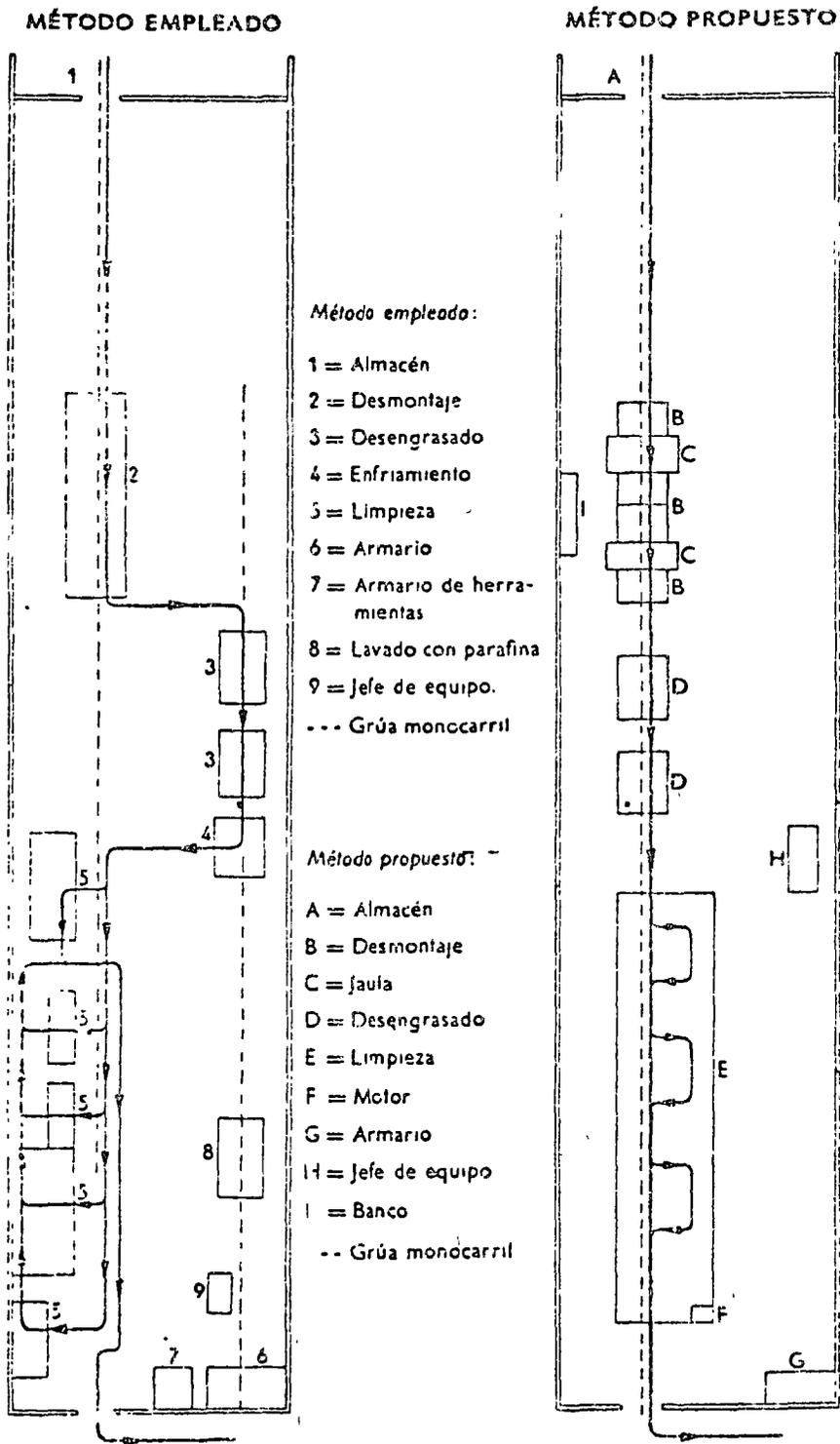
5. Al prepararse un diagrama de análisis del proceso deben tenerse siempre en cuenta las siguientes consideraciones:
- a) Se hace la representación gráfica de las operaciones para registrar los resultados de una encuesta, porque así es posible ofrecer una visión panorámica de lo que está sucediendo, se facilita la comprensión de la situación general y se presentan los hechos con la relación que tienen entre sí.
 - b) Los detalles que figuran en el diagrama deben obtenerse mediante observación directa en la misma fábrica o taller. Registrarlos en el diagrama es quitar a la mente ese cuidado y facilitar su referencia o aclaración a otras personas. Los diagramas no deberán hacerse de memoria, sino a medida que se observa el trabajo (excepto los destinados a ilustrar un nuevo método propuesto).
 - c) Los diagramas deberán componerse con el mayor cuidado y exactitud basándose en los hechos registrados, puesto que se utilizarán para explicar a otras personas propuestas encaminadas a normalizar el trabajo o a mejorar los métodos del mismo. Un diagrama compuesto con descuido causaría mala impresión en las personas a las que se desea persuadir de la excelencia del estudio del trabajo.
 - d) Para que en el futuro sigan teniendo valor como referencia y para que faciliten la información más completa posible, todos los diagramas deberán llevar un encabezamiento con los detalles siguientes:
 - El nombre del producto o material con los números del dibujo o de la clave.
 - La operación que se ejecuta, marcando claramente los puntos de partida y de término, y expresando si el método que se aplica es el habitual o uno propuesto.
 - El lugar en que se efectúa la operación (departamento, fábrica, sección, etc).
 - El número de referencia del diagrama y de la hoja y el número de hojas.
 - El nombre del observador y, si se juzga conveniente, el de la persona que aprueba el diagrama.
 - Fecha del estudio.
 - Lista de los símbolos empleados. Esto es necesario para facilitar la labor de los que utilicen el diagrama posteriormente, ya que pueden estar habituados a símbolos distintos. Es conveniente exponerlos como parte de un cuadro resumen de las actividades presentes y de los métodos propuestos.
 - Resumen de la distancia, tiempo y, si se juzga conveniente, del costo de la mano de obra y de los materiales, para poder comparar los métodos antiguos con los nuevos. Este último no es imprescindible.

FIGURA 9 - DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO:
DESMONTAJE, LIMPIEZA Y DESENGRASE DE UN MOTOR

DIAGRAMA Num 1 HOJA Num. 1 MÉTODO: Original
 OPERARIO(S) A B, C D, E F, G H, J K
 PRODUCTO: Motores de autobús LUGAR Taller de desengrasado
 PROCESO Desmontar, desengrasar y limpiar motores usados COMPUJESTO POR R. V. Unwalla, K. V Rao
 APROBADO POR L. M Brooks FECHA 11-11-55

DISTANCIA (metros)	SÍMBOLO	ACTIVIDAD	TIPO DE ACTIVIDAD
	▽	En almacén de motores usados	
24.5	⇨	Izar motor por medio de grúa (eléctrica)	No productiva
	⇨	Transportar hasta la grúa siguiente	»
	⇨	Descargar en tierra	»
	⇨	Recoger con segunda grúa (eléctrica)	»
30.5	⇨	Transportar hasta el taller de desmontaje	»
	⇨	Descargar en tierra	»
	⊖	Desmontar el motor	Productiva
	⊕	Limpiar y colocar los componentes principales	»
	□	Inspeccionar estado de las piezas; escribir informe de la inspección	No productiva
3	⇨	Llevar las piezas a la jaula de desengrasado	»
	⇨	Cargar para desengrasar utilizando grúa de mano	»
1.5	⇨	Transportar hasta la desengrasadora	»
	⇨	Descargar en la desengrasadora	»
	⊖	Desengrasar	Productiva
	⇨	Sacar de la desengrasadora utilizando grúa	No productiva
6	⇨	Transportar desde la desengrasadora	»
	⇨	Descargar en tierra	»
	⊖	Dejar que se enfríe	»
12	⇨	Transportar hasta los bancos de limpieza	»
	⊖	Limpiar por completo todas las piezas	Productiva
9	⇨	Colocar las piezas limpias en una caja	No productiva
	⊖	Esperar transporte	»
	⇨	Cargar todas las piezas en un carrillo, salvo el bloque y culatas de cilindros	»
76	⇨	Transportar hasta el departamento de inspección de motores	»
	⇨	Descargar las piezas colocándolas en la mesa de inspección	»
	⇨	Cargar en un carrillo el bloque y las culatas de los cilindros	»
76	⇨	Transportar hasta el departamento de inspección de motores	»
	⇨	Descargar en tierra	»
238.5	⊖	Almacenar temporalmente en espera de inspección	»

FIGURA 11- DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO:
DESMONTAJE, LIMPIEZA Y DESENGRASE DE UN MOTOR



EXAMINAR

6. Para esta fase se utiliza una sucesión de preguntas de modo imparcial y objetivo. Las cinco clases de actividades en el diagrama de análisis del proceso se dividen en las dos categorías principales siguientes:

- a) Aquellas en el curso de las cuales sucede efectivamente algo al material, pieza o documento, objeto del estudio, es decir, se la trabaja, traslada o examina.
- b) Aquellas en que no se toca directamente el material o trabajo, que queda almacenado o inactivo por efecto de una espera.

Las actividades de la primera categoría pueden subdividirse en los 4 grupos siguientes:

- a.1.) Actividades preparatorias necesarias para disponer la tarea o material, dejándolo listo y en posición para el trabajo. Ejemplo: cargar.
- a.2.) Operaciones activas, que modifican la forma, composición química o condición del producto. Ejemplos: fresar o firmar.
- a.3.) Actividades de salida, como sacar el producto de la máquina o lugar de trabajo. Las operaciones de salida pueden ser actividades preparatorias de la operación siguiente.
- a.4.) Actividades de inspección, que consisten en checar la condición física o química de la pieza o producto.

Generalmente es posible representar las actividades preparatorias y salida mediante el símbolo de transporte y únicamente las operaciones activas pueden representarse mediante el símbolo de operación.

Es evidente que el estudio de métodos debe procurar que exista el menor número posible de actividades preparatorias y de salida, puesto que solo las operaciones activas contribuyen a la evolución del producto desde su estado de materia prima hasta el de artículo terminado. Las operaciones activas en las empresas no manufactureras son aquellas mediante las cuales se ejecutan las actividades propias de la organización, como, por ejemplo, vender en una tienda o escribir a máquina en una oficina. Las actividades activas son también llamadas productivas y las demás son llamadas no productivas.

Las primeras actividades que deben someterse a prueba son las que tienen evidentemente un carácter no productivo, o sea, las actividades preparatorias, de salida y de inspección, incluyendo entre las dos primeras los almacenamientos y esperas que equivalen a immobilizar un capital que podría utilizarse para promover otras actividades.

La sucesión de preguntas que se emplea sigue una ordenación establecida con el fin de determinar:

- | | | |
|---|---|---------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> el PROPOSITO para el que el LUGAR donde la SUCESION en que la PERSONA por la que los MEDIOS por los que | } | se empreenden tales actividades |
|---|---|---------------------------------|

Con el objeto de:

- ELIMINAR
 - COMBINAR
 - ORDENAR DE NUEVO
 - SIMPLIFICAR
- } dichas actividades

Las preguntas pueden combinarse como sigue:

PROPOSITO	{ <ul style="list-style-type: none"> ¿<u>Qué</u> se hace? ¿<u>Por qué</u> se hace? ¿Qué <u>otra cosa</u> podría hacerse? ¿Qué <u>debería</u> hacerse? }	} ELIMINAR partes innecesarias de la actividad.
LUGAR	{ <ul style="list-style-type: none"> ¿<u>Dónde</u> se hace? ¿<u>Por qué</u> se hace <u>allí</u>? ¿En qué <u>otro lugar</u> podría hacerse? ¿<u>Dónde debería</u> hacerse? }	} Combinar siempre que sea posible.
SUCESION	{ <ul style="list-style-type: none"> ¿<u>Cuándo</u> se hace? ¿<u>Por qué</u> se hace <u>entonces</u>? ¿<u>Cuándo</u> podría hacerse? ¿<u>Cuándo debería</u> hacerse? }	} Ordenar de nuevo la sucesión de operaciones para obtener mejores resultados.
PERSONA	{ <ul style="list-style-type: none"> ¿<u>Quién</u> lo hace? ¿<u>Por qué</u> lo hace <u>esa</u> persona? ¿Qué <u>otra persona</u> podría hacerlo? ¿<u>Quién debería</u> hacerlo? }	} Ordenar de nuevo la sucesión de operaciones para obtener mejores resultados.
MEDIOS	{ <ul style="list-style-type: none"> ¿<u>Cómo</u> se hace? ¿<u>Por qué</u> se hace de <u>ese</u> modo? ¿De qué <u>otro modo</u> podría hacerse? ¿<u>Cómo debería</u> hacerse? }	} Simplificar la actividad u operación.

Es necesario formular sistemáticamente esas preguntas cada vez que se emprende un estudio de métodos, pues son la base del éxito del citado estudio.

Considerando el ejemplo de desmontaje, limpieza y desengrase de un motor, podemos observar que el diagrama de análisis del proceso muestra un elevado porcentaje de actividades no productivas. Hay sólo cuatro operaciones y una inspección, mientras que se registran veintidós transportes y tres esperas.

Inicialmente consideremos el hecho que al transportar el motor desde el almacén de motores usados es preciso cambiar de grúa en la mitad del recorrido. Apliquemos la técnica indagatoria expuesta:

- P - ¿Qué se hace?
 R - Una grúa eléctrica transporta el motor durante una parte de su recorrido por los almacenes; luego es colocado en tierra y otra grúa lo iza y lo transporta hasta el taller de desmontaje.
- P - ¿Por qué se hace?
 R - Porque los motores están almacenados de un modo que no permite que la grúa monocarril que pasa por los almacenes y el taller de desmontaje los recoja directamente.
- P - ¿Qué otra cosa podría hacerse?
 R - Los motores podrían almacenarse de modo que la grúa monocarril tuviera acceso directo a los mismos, lo que permitiría llevar-

los directamente por medio de esa grúa hasta el taller de desmontaje.

P - ¿Qué debería hacerse?

R - Debe seguirse la propuesta indicada.

De hecho la propuesta en cuestión fue aceptada, suprimiéndose de esa forma 3 transportes.

Continuemos con la serie de preguntas:

P - ¿Por qué limpiar las piezas del motor antes de ser desengrasado para limpiarlas otra vez después de quitarles la grasa?

R - No se recuerda el motivo que aconsejó esta práctica en un principio.

P - ¿Por qué se inspeccionan en esta fase piezas grasientas cuando debe ser difícil inspeccionarlas adecuadamente en tal estado y han de ser examinadas nuevamente en el departamento de inspección de motores?

R - No se recuerda el motivo que aconsejó esta práctica en un principio.

Es frecuente ver esa contestación cuando se aplica dicha técnica indagatoria. Muchas veces se llevan a cabo actividades por motivos que fueron importantes en su día (como medidas provisionales para que un taller empiece a producir inmediatamente no habiendo instalaciones y equipo adecuados) y siguen practicándose mucho tiempo después de haber desaparecido el motivo. Cuando éste no exista, es preciso suprimir las actividades innecesarias sin contemplaciones.

Las cuestiones que en seguida se plantean se refieren a la colocación en la desengrasadora. En este caso era necesario transportar las piezas a una distancia de 3 metros para colocarlas en la jaula de desengrasado. ¿Por qué no colocar la jaula más cerca? ¿No será posible meter las piezas directamente en la jaula cuando se desmonta el motor?

DESARROLLAR

7. Según un dicho antiguo, acertar en la pregunta es andar la mitad del camino que conduce a una respuesta acertada. Esto es particularmente aplicable al estudio de métodos. Las respuestas a las preguntas:

- ¿Qué otra cosa podría hacerse? ¿Qué debería hacerse?

- ¿En qué otro lugar podría hacerse? ¿Dónde debería hacerse?

- ¿Cuándo podría hacerse? ¿Cuándo debería hacerse?

- ¿Qué otra persona podría hacerlo? ¿Quién debería hacerlo?

- ¿De qué otro modo podría hacerse? ¿Cómo debería hacerse?

yá es parte del desarrollo del nuevo método.

En nuestro ejemplo, el método desarrollado se muestra en el diagrama de la página 24. Ha habido reducciones considerables en las actividades no productivas. Se redujo el número de operaciones de cuatro a tres mediante la eliminación de la limpieza innecesaria, y se suprimió también la inspección llevada a cabo inmediatamente después. Los transportes quedaron reducidos de 21 a 15 y las distancias del recorrido también se redujeron de 238m. a 150m., economía de más de 37% en el recorrido de cada motor. Se omiten los tiempos invertidos en las diversas actividades

para no complicar el ejemplo, pero por el estudio de los diagramas del proceso se verá claramente que se ha logrado una economía muy importante en el tiempo de las operaciones de cada motor.

ADOPTAR Y MANTENER

8. En este curso nos concentraremos principalmente en las etapas SELECCIONAR, REGISTRAR, EXAMINAR y DESARROLLAR. Sin embargo, vale la pena resaltar la importancia de las dos últimas etapas, es decir, ADOPTAR y MANTENER.

Debido a la reacción natural del hombre de resistencia al cambio, la etapa ADOPTAR ni siempre es sencilla. Al mismo tiempo, siempre hay la tendencia a regresar al método antiguo debido a las costumbres existentes y consecuentemente la etapa MANTENER tiene también su importancia. Para mantener el método propuesto deberá llevarse a cabo comprobaciones regulares, las cuales pueden inclusive revelar algunos problemas en cuanto a la utilización del nuevo método y consecuentemente conducir al diseño de un método todavía mejor.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

ESTUDIO DE METODOS: DIAGRAMA DE RECORRIDO,
DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES Y DIAGRAMA HOMBRE MAQUINA.

1. Conviene a veces conocer la trayectoria de los movimientos de operaciones y materiales a través de la fábrica o zona de trabajo durante el proceso de fabricación o en el curso de otras actividades. Para facilitar esa información que no contiene el diagrama de análisis del proceso, se ha ideado otro tipo de diagrama que se denomina diagrama de recorrido, que reproduce a escala la zona que abarca el proceso o actividad y muestra los diversos puntos de actividad y la trayectoria de los movimientos entre los mismos.

Se considera generalmente este diagrama como una modalidad del diagrama del proceso y se utiliza para complementar el diagrama de análisis del proceso. No es más que un plano de la fábrica o taller hecho a escala, con sus máquinas, puestos o zonas de trabajo y la relación correcta que guardan entre sí. Por las observaciones hechas en la fábrica, se trazan los movimientos de los materiales, piezas o productos objeto de estudio entre los diversos lugares de trabajo o de almacenamiento, entre el departamento de recepción y el de expedición de mercaderías, utilizando algunas veces los símbolos de diagrama del proceso para expresar las actividades que se efectúan en las diversas etapas del proceso.

En las próximas páginas damos algunos ejemplos de diagramas de recorrido. Este es principalmente utilizado para el diseño de layouts (distribución de maquinaria).

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MULTIPLES

2. El diagrama de actividades múltiples es una modalidad del diagrama del proceso en el que se registra la sucesión de actividades interdependientes de varios operarios o de varias máquinas.

Este diagrama se utiliza cuando es necesario analizar por medio de una representación gráfica varias actividades interdependientes realizadas manualmente o por medio de máquinas.

Mediante la representación en columnas separadas de las actividades de operarios o máquinas diferentes y su confrontación con una escala común de tiempos, este diagrama expone muy claramente los períodos de inactividad de los operarios o máquinas (tiempo improductivo) durante el proceso. Mediante el estudio del diagrama es posible disponer esas actividades de otra forma y reducir el tiempo improductivo.

El diagrama de actividades múltiples es sumamente útil para organizar equipos de trabajadores destinados a la producción en serie o para determinar el número óptimo de máquinas que uno o varios operarios deben atender.

La mejor forma de explicar la utilización de este tipo de diagrama es a través de un ejemplo, el cual se muestra en la página 39.

Examinando críticamente el método actual, puede observarse que el electricista y su ayudante tenían que quitar los calentadores antes de que el ajustador y su ayudante procedieran a separar la tapa del recipiente. Por consiguiente, los últimos tenían que esperar a que los primeros concluyeran su labor; al terminar la operación no se colocaban los calentadores hasta que no estuviera colocada la tapa y el electricista y

FIGURA 13 — DIAGRAMA DE RECORRIDO :
MONTAJE Y SOLDADURA DE ASIENTOS DE AUTOBÚS

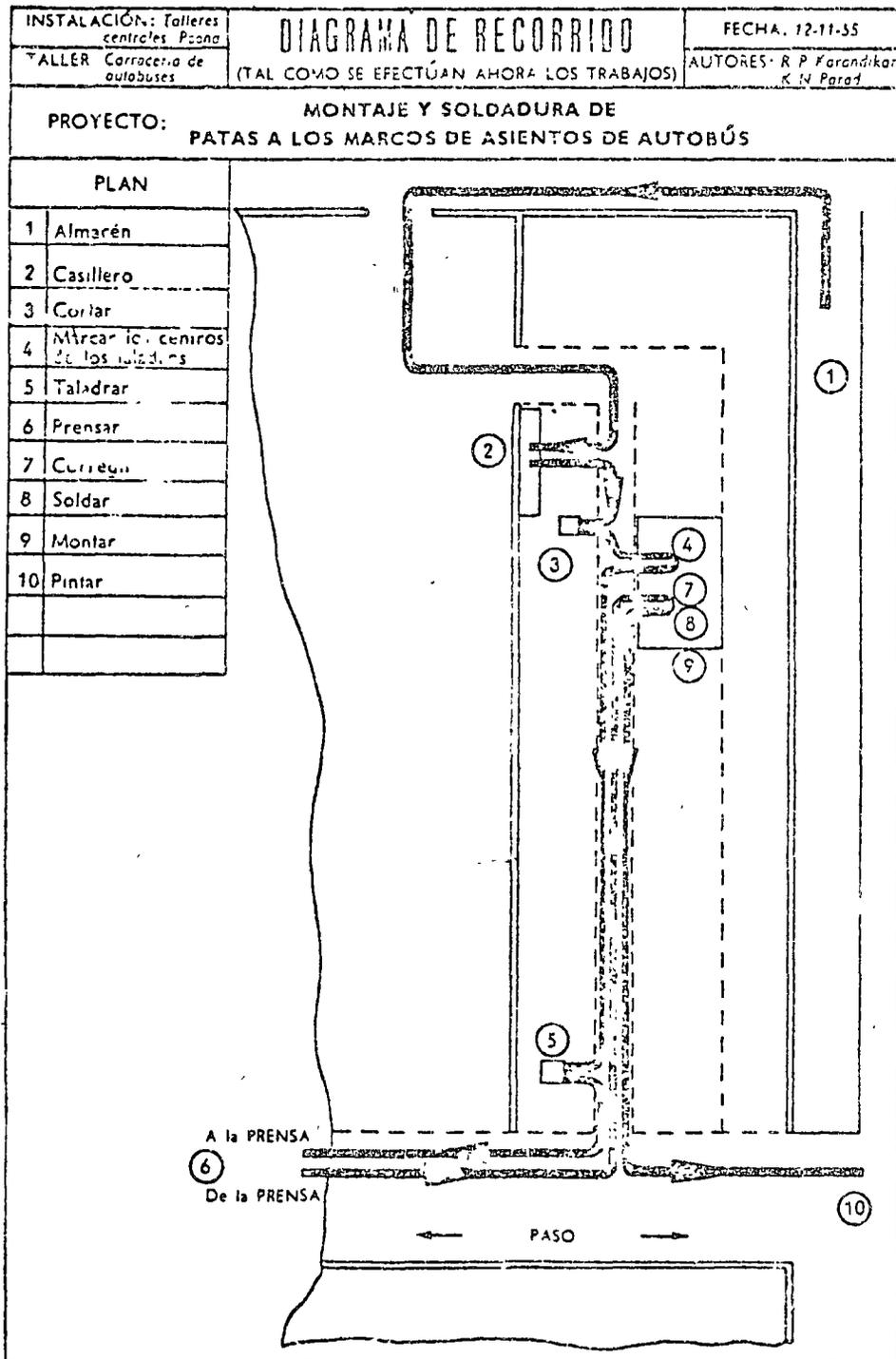


FIGURA 14 - DIAGRAMA TRIDIMENSIONAL DE RECORRIDO

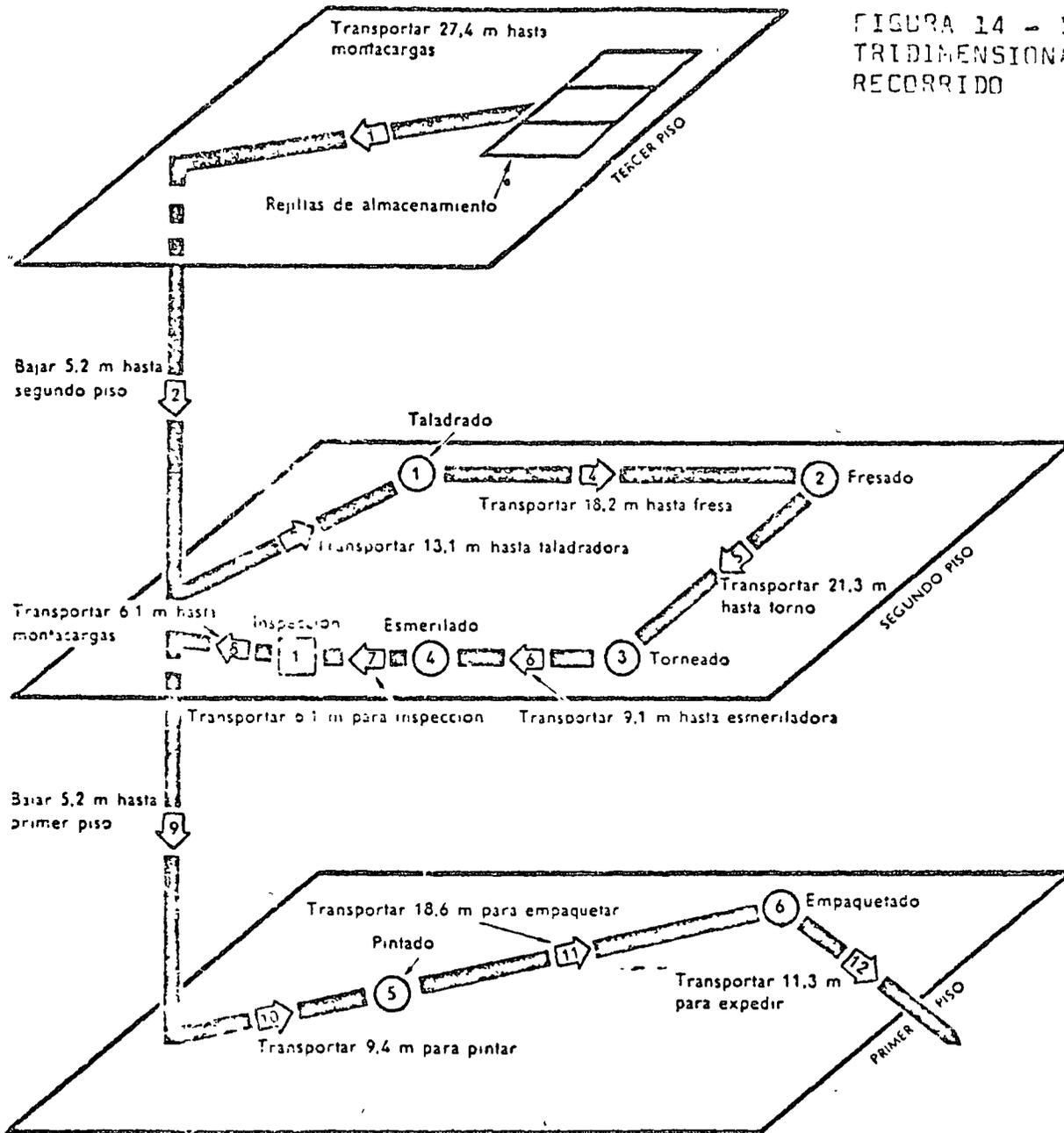


FIGURA 15 - EMPLEO DE PLANTILLAS PARA REORGANIZAR LA DISPOSICION DEL TALLER

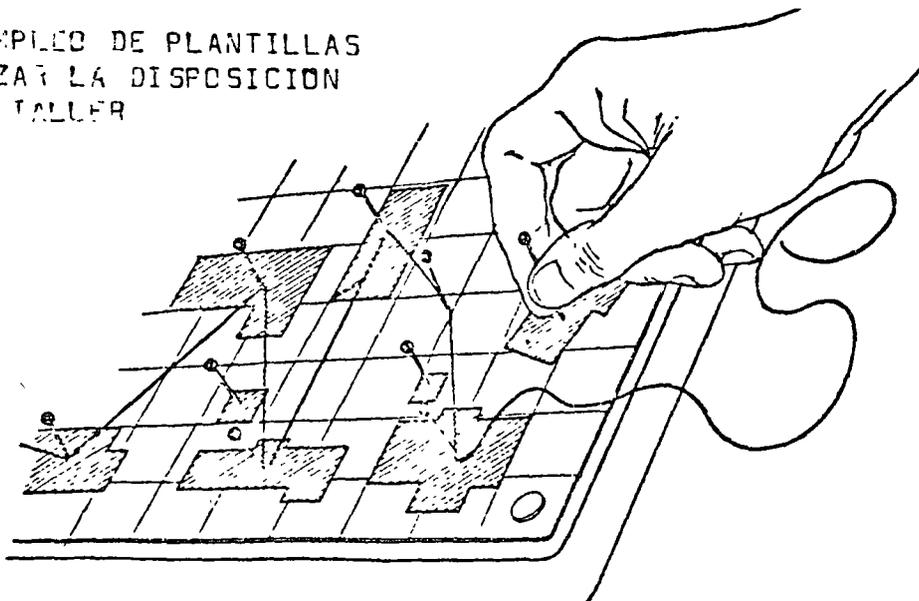


FIGURA 16-A— DIAGRAMA DE RECORRIDO :
 RECEPCIÓN, INSPECCIÓN Y NUMERACIÓN DE PIEZAS
 (Método original)

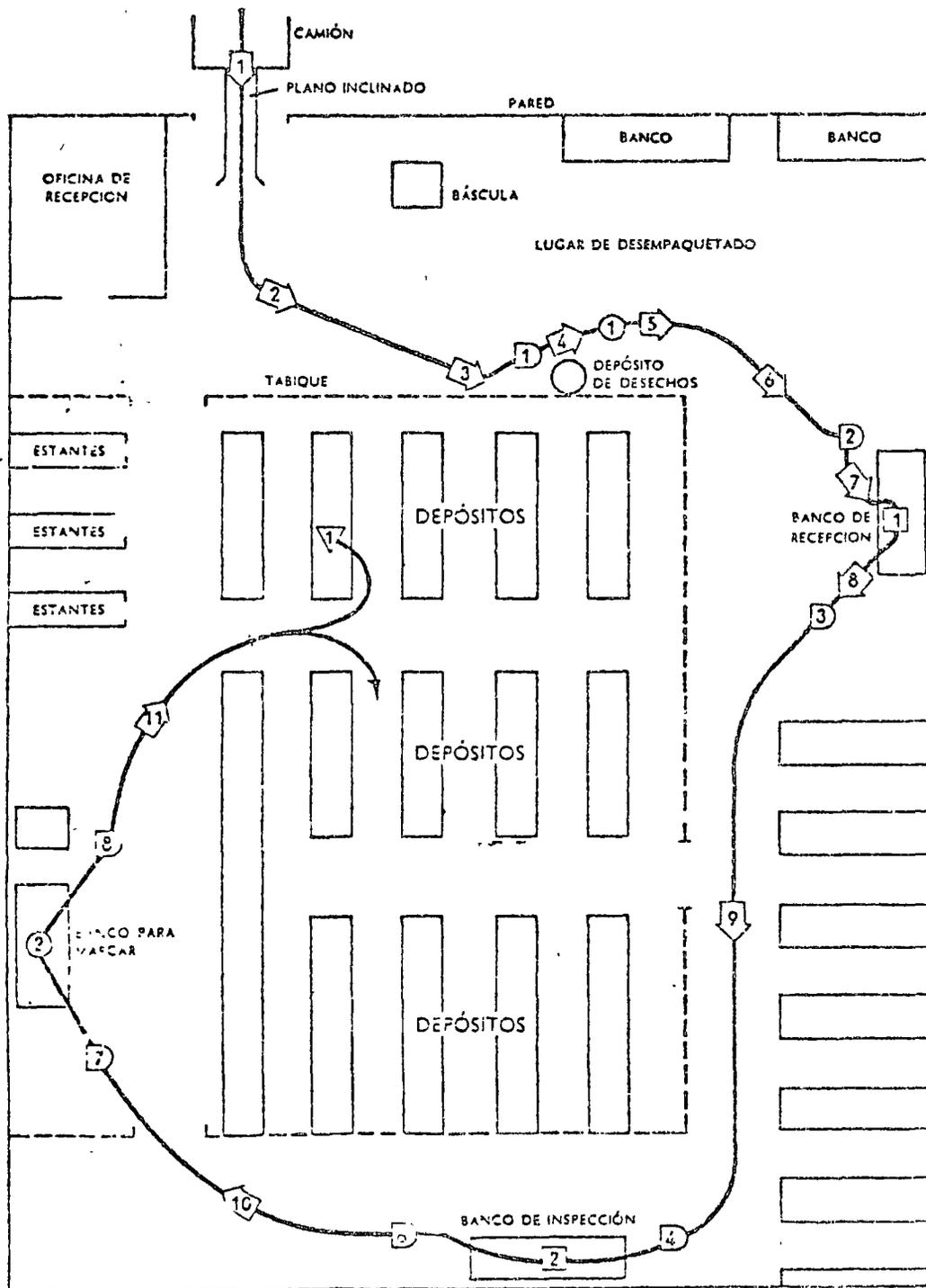


FIGURA 16-B - DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO:
RECEPCIÓN, INSPECCIÓN Y NUMERACIÓN DE PIEZAS

(Método original)

DIAGRAMA Num 7 HOJA N.º 1		R E S U M E N							
PRODUCTO <i>MATERIA HOMERÉ</i> Caja de piezas en forma de T BX 437 (10 por caja en cartones)		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMÍA				
ACTIVIDAD <i>Recibir, comprobar, inspeccionar y numerar piezas y colocarlas en cajas</i>		OPERACION <input type="radio"/>	2						
		TRANSPORTE <input type="radio"/>	11						
		ESFERA <input type="radio"/>	7						
		INSPECCION <input type="checkbox"/>	2						
		ALMACENAMIENTO <input type="checkbox"/>	1						
MÉTODO ACTUAL PROPUESTO		DISTANCIA (metros)	56						
LUGAR <i>Dpto. de recepción</i>		TIEMPO (metros-número)	1,96						
OPERARIO(S) <i>Num DE LA FICHA</i> <i>Vease columna de observaciones</i>		COSTO por caja							
COMPUUESTO POR <i>P.C.</i> FECHA <i>4-11-48</i>		MANO DE OBRA	\$ 3,24						
APROBADO POR <i>T.H.</i> FECHA <i>5-11-48</i>		MATERIAL	—						
		TOTAL	\$ 3,24						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD 1 caja	DIS-TANCIA (metros)	TIEM-PO (minutos)	SIMBOLO					OBSERVACIONES
				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Secar de com. colocar en plano inclinado</i>		1							2 peones
<i>Des'za. por plano inclinado</i>		6	10						2 »
<i>Des'zar las u. de com. y bajar</i>		6							2 »
<i>Esperar com. en carro</i>		—	30						
<i>Bajar la caja</i>		—							
<i>Quitar la tapa y sacar la nota de entrega</i>		—	5						2 »
<i>Colocar en carro de mano</i>		1							
<i>Acarrear hasta banco de recepcion</i>		9	5						2 »
<i>Esperar descarril del carro</i>		—	10						
<i>Colocar caja sobre banco</i>		1	2						2 »
<i>Sacar las carnes de la caja con las comprob. conten. y colocar de nuevo</i>		—	15						Encargada almacen
<i>Cargar caja en carro de mano</i>		1	2						2 peones
<i>Espera de transporte</i>		—	5						
<i>Acarrear hasta banco de inspeccion</i>		10,5	10						1 peon
<i>Esperar inspeccion</i>		—	10						Caja en carro
<i>Sacar piezas T de cajas y cartones ver'zar con plano y ver'ca colocar</i>		—	20						Inspector
<i>Esperar para el transporte</i>		—	5						Caja en carro
<i>Acarrear hasta banco de numerar</i>		9	5						1 operario
<i>Esperar la numeracion</i>		—	15						Caja en carro
<i>Sacar la pieza T de cajas y cartones. numerar las en el banco y colocarlas de nuevo</i>		—	15						Peon de almacen
<i>Esperar para el transporte</i>		—	5						Caja en carro
<i>Transportar hasta lugar de distribucion</i>		4,5	5						1 peon
<i>Almacén</i>									
TOTAL		56	174	2	11	7	2	1	

FIGURA 17-A — DIAGRAMA DE RECORRIDO:
RECEPCIÓN, INSPECCIÓN Y NUMERACIÓN DE PIEZAS
(Método perfeccionado)

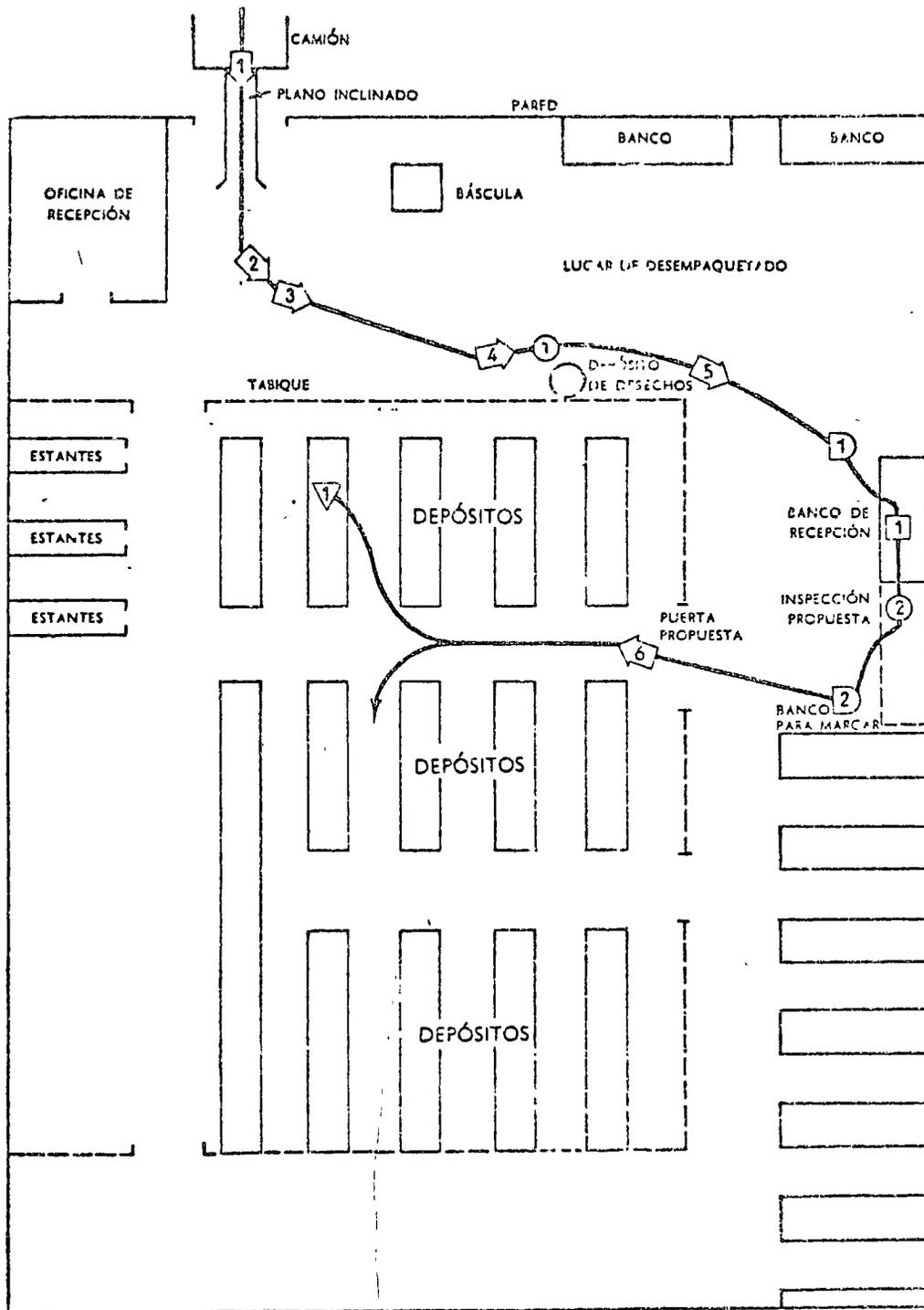


FIGURA 18-A- DIAGRAMA DE LOS MOVIMIENTOS DEL OPERARIO:
SERVICIO DE COMIDAS EN UNA SALA DE HOSPITAL

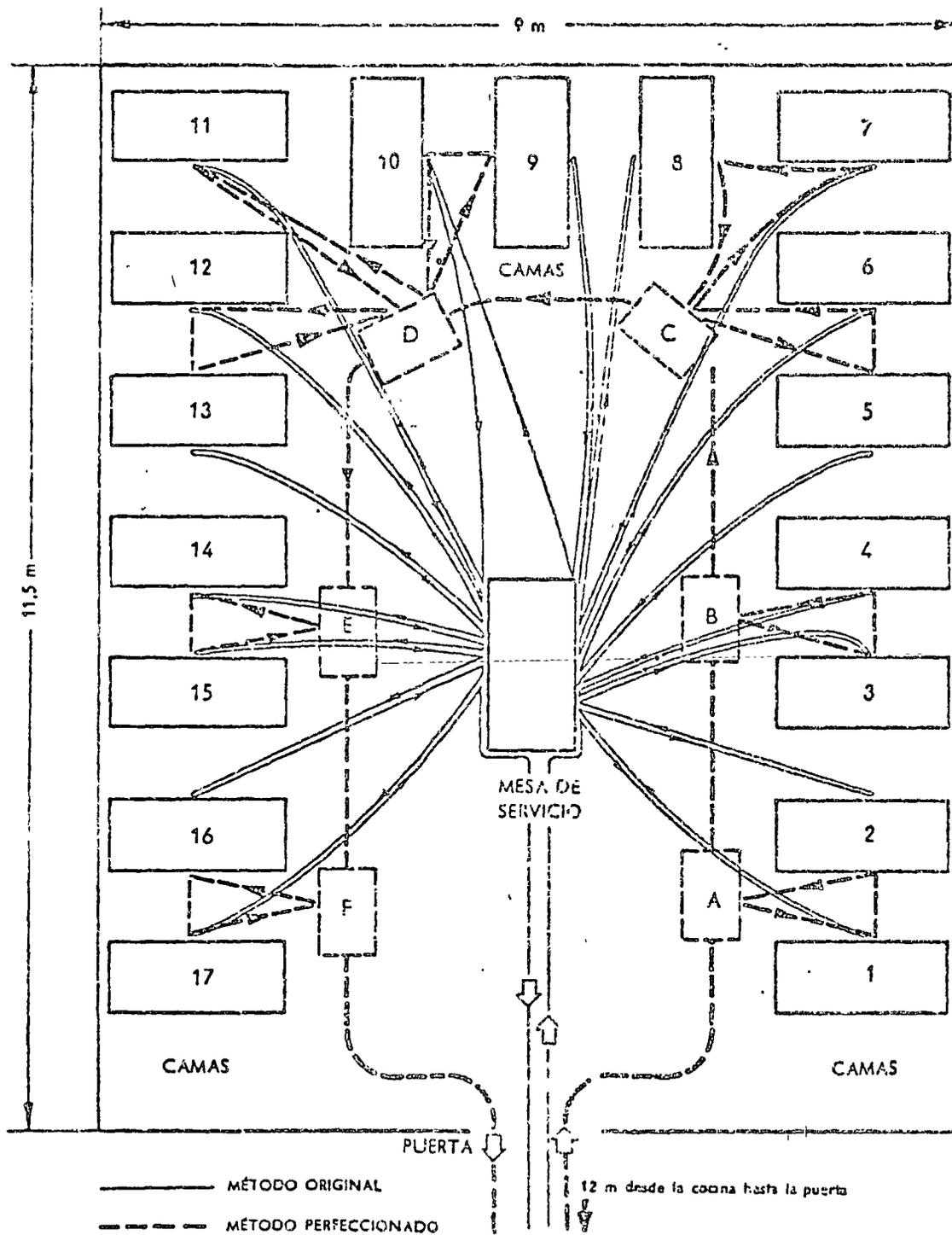


FIGURA 19-B— DIAGRAMA DEL OPERARIO EN EL PROCESO:
SERVICIO DE COMIDAS EN UNA SALA DE HOSPITAL

DIAGRAMA Num 7		HOJA Num 1		RESUMEN			
PRODUCTO/MATERIAL/HOMBRE		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA		
Enfermera de hospital		OPERACIÓN	34	18	16		
ACTIVIDAD		TRANSPORTE	60	72	(-12)		
Servir comidas a 17 enfermos		ESPERA	—	—	—		
MÉTODO ACTUAL/PROPUESTO		INSPECCIÓN	—	—	—		
		ALMACENAMIENTO	—	—	—		
LUGAR Sala L		DISTANCIA (metros)	439	196.5	242.5		
OPERARIO(S) Enfermera A		TIEMPO (horas-nombre)	0.39	0.28	0.11		
COMPUESTO POR 1 M		COSTO	—	—	—		
FECHA 20-12-54		MANO DE OBRA	—	—	—		
APROBADO POR —		MATERIAL (Carrito)	—	£ 10	—		
		TOTAL (Capital)	—	£ 10	—		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (platos)	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (minutos)	SÍMBOLO			OBSERVACIONES
MÉTODO ANTIGUO							
Llevar primer plato y servicios desde cocina a mesa de servicio en bandeja	17	16	0.50	○	→		Carga difícil
Colocar servicios y platos en mesa	17	—	0.30				
Distribuir en platos a comer en 3 fuentes	—	—	0.25				
Llevar plato a cama 1 y volver	1	7	0.25				
Servir	—	—	0.25				
Llevar plato a cama 2 y volver	1	6	0.23				
Servir	—	—	0.25				
(Continuar hasta servir las 17 camas Vease figura 31 para distancias)							
Terminado servicio, colocar platos en bandeja y volver a cocina	—	16	0.50				
Total distancia y tiempo, ciclo primero							
		193.5	10.71	17	201	—	—
REPETIR CICLO PARA SEGUNDO PLATO							
Recoger servicios vacíos del segundo plato	—	52	2.0	—	201	—	—
TOTAL GENERAL:							
		439	23.42	34	401		
MÉTODO PERFECCIONADO							
Llevar primer plato y servicios desde cocina a posición A Carrito	17	16	0.50				Carrito de servicio
Servir dos platos	—	—	0.40				
Llevar dos platos a cama 1, dejar uno		1.5	0.25				
Llevar un plato desde cama 1 a cama 2	2	0.5					
Volver a posición A		1.5					
Empujar carrito hacia posición B	—	3	0.12				
Servir 2 platos	—	—	0.40				
Llevar dos platos a cama 3, dejar uno		1.5	0.25				
Llevar un plato desde cama 3 a cama 4	2	0.5					
Volver a posición B		1.5					
(Continuar hasta servir las 17 camas Vease figura 31 y observese variación en cama 11)							
Volver a cocina con carrito	—	16	0.50				
Distancia y tiempo, ciclo primero							
		72.25	7.49	9	261		
REPETIR CICLO PARA SEGUNDO PLATO							
Recoger servicios vacíos del segundo plato	—	52	2.00	—	201		
TOTAL							
		196.5	16.98	18	72		

su ayudante tenían que esperar a su vez. El examen crítico de la operación y la revisión del procedimiento existente pusieron de manifiesto que no era necesario esperar a que se quitaran los calentadores para retirar la tapa y tampoco era necesario esperar que estuviera puesta la tapa para empezar la colocación de los calentadores.

Aclarado lo anterior, fue posible disponer que se saltara la tapa mientras se quitaban los calentadores para volver a colocarlos mientras se fijaba la tapa. El resultado es el que se muestra en la página 41 y mediante este simple cambio se logró economizar el 32% del tiempo total invertido en la operación.

DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA

3. El diagrama hombre máquina es una modalidad especial del diagrama de actividades múltiples, que registra el funcionamiento de una o más máquinas con relación al trabajo del operario.

Este diagrama tiene por objeto exponer las operaciones ejecutadas simultáneamente por un operario y por una o más máquinas. El diagrama puede ser trazado como se muestra a continuación (página 41) y éste registra el funcionamiento de una fresadora vertical terminando de fresar la cara de una pieza de fundición de hierro paralelamente a la cara opuesta que se utiliza para colocarla en el dispositivo de fijación.

Como se puede observar, la máquina permanece inactiva durante casi tres cuartas partes del ciclo. Ello se debe a que el operario lleva a cabo todas sus actividades con la máquina parada y permanece inactivo mientras la máquina funciona automáticamente.

Si examinamos el diagrama, vemos que el trabajo que realiza el operario puede dividirse en dos partes: el que es necesario ejecutar con la máquina parada, como sacar y colocar la pieza, y el que puede efectuarse con la máquina funcionando, como calibrar. Es mejor indudablemente efectuar todas las operaciones posibles mientras funciona la máquina, puesto que así se reduce el tiempo total del ciclo.

En la página 42 se muestra el nuevo método desarrollado para esta operación. Se verá que calibrar, quitar rebabas de los cantos de la pieza fresada, colocar la pieza en el depósito de material terminado, coger una pieza no elaborada y ponerla en una mesa de trabajo lista para colocarla en el dispositivo de fijación, son actividades que se realizan todas mientras funciona la máquina. Al mismo tiempo, se ha ganado algo de tiempo al colocar más próximas las cajas para depositar las piezas terminadas y las que están por elaborar, de modo que se deposita una y se recoge otra pieza al mismo tiempo. La pieza fresada se limpia por medio de aire comprimido después del limado de los cantos, con lo que se ahorra una operación.

Mediante esta nueva disposición, que no necesitó desembolso alguno de capital, se ahorraron 0.64 de minuto por cada 2 minutos, o sea un aumento del 32% en la productividad de la fresadora y del operario.

DIAGRAMA COMBINADO DE HOMBRE-MAQUINA Y DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES

4. En las páginas 45 y 46 presentamos un ejemplo del uso del diagrama combinado de hombre-máquina y de actividades múltiples al proceso de selección y transporte de huesos, desde un depósito hasta la máquina trituradora. En la página 46 se muestra la disposición original de la zona de trabajo. Los proveedores traen huesos animales de todas clases, que son

FIGURA 17-A— DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES :
 INSPECCIÓN DE UN CATALIZADOR EN UN CONVERTIDOR
 (Método original)

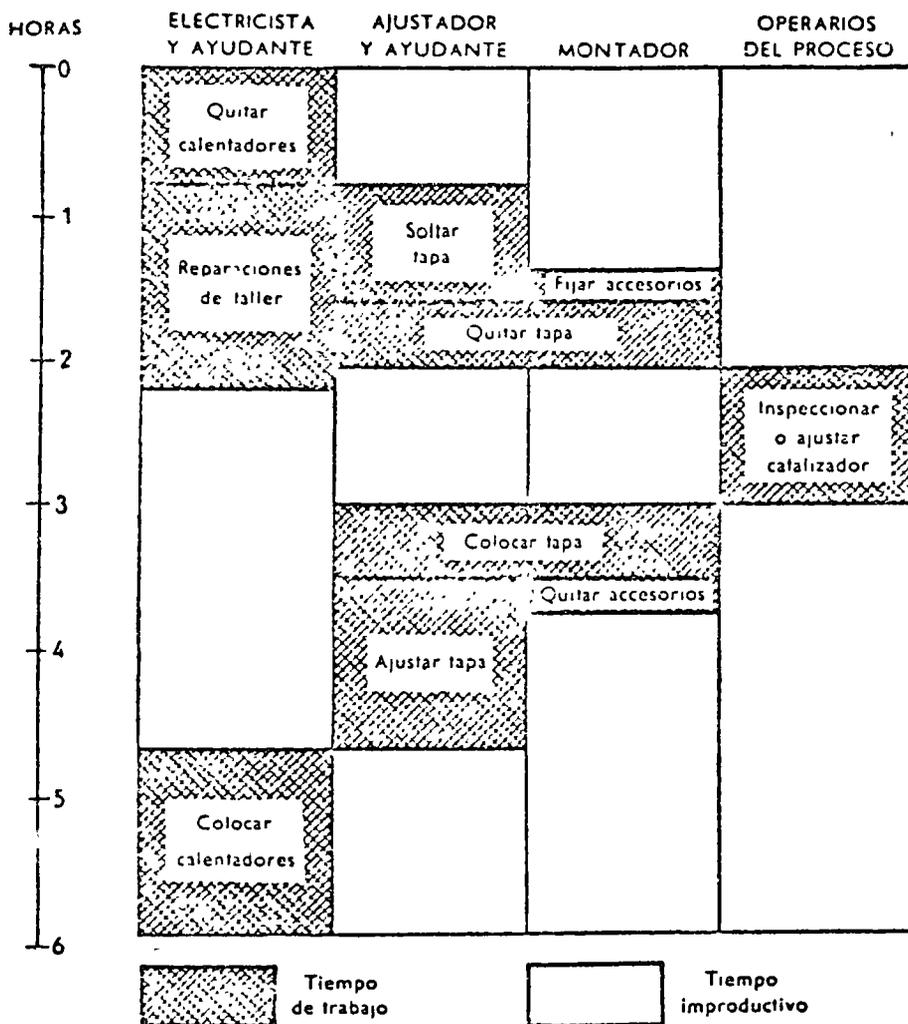


FIGURA 19-B— DIAGRAMA DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES :
 INSPECCIÓN DE UN CATALIZADOR EN UN CONVERTIDOR
 (Método perfeccionado)

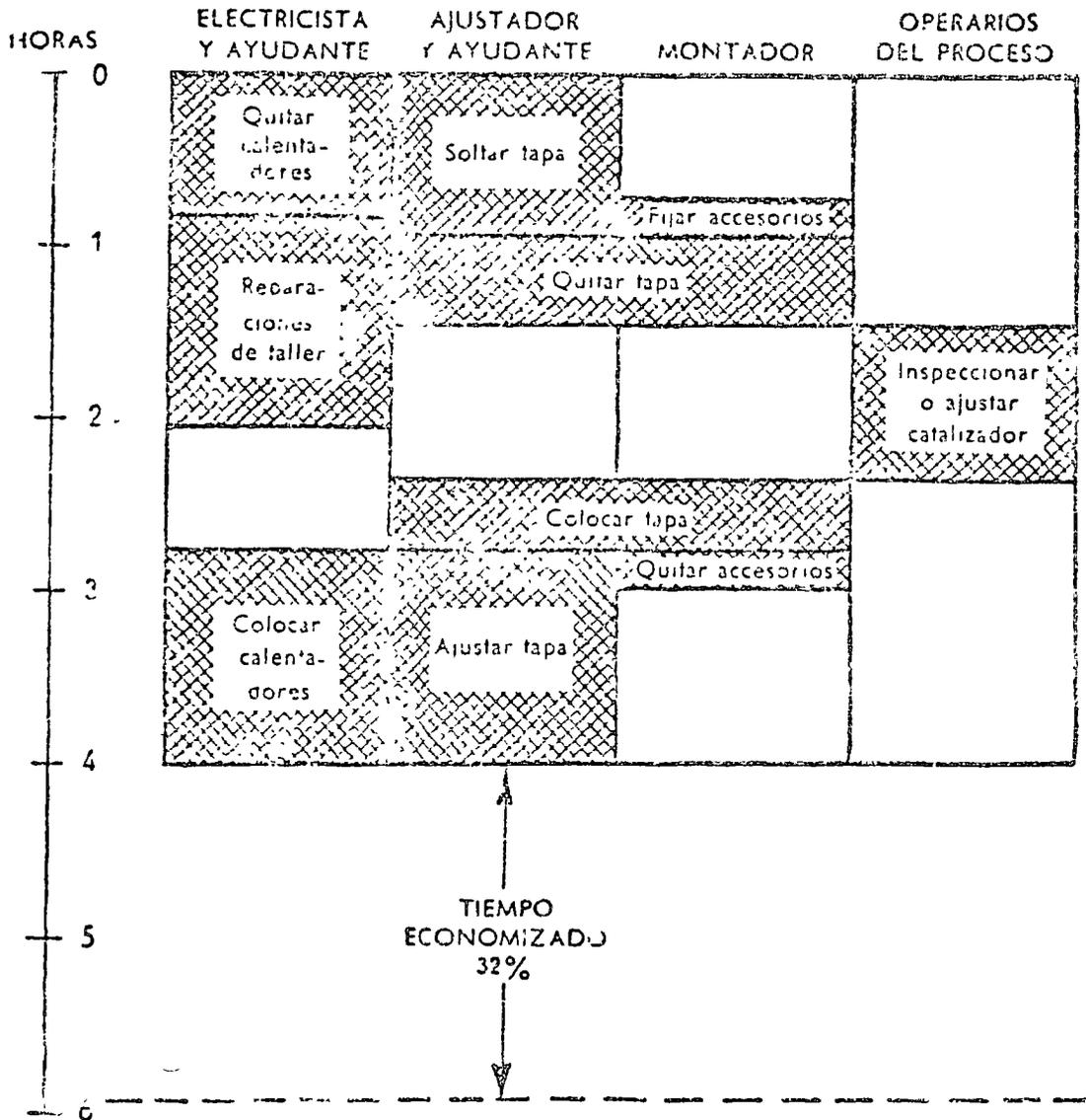


FIGURA 20-A— DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA:
FRESADO DE UNA PIEZA DE FUNDICIÓN

(Método original)

DIAGRAMA Num. 8		HOJA Núm. 1		R E S U M E N			
PRODUCTO					ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMÍA
Pieza de fundición B. 239		PLANO Núm. B. 239/1		CICLO DE TIEMPO	(minutos)		
PROCESO:				Hombre	2.0		
Terminar fresado segunda cara				Máquina	2.0		
				TIEMPO DE TRABAJO			
				Hombre	1.2		
				Máquina	0.8		
MAQUINA(S):		VELOCIDAD	AVANCE	TIEMPO IMPRODUCTIVO			
Fresadora vertical		80	38	Hombre	0.8		
Cincinnati núm. 4		r/min	cm/min	Máquina	1.2		
OPERARIO Ashraf		Núm DE LA FICHA 1234		UTILIZACIÓN			
COMPUESTO POR. M N		FECHA 1-1-55		Hombre	60%		
				Máquina	40%		
TIEMPO (minutos)	HOMBRE			MÁQUINA			TIEMPO (minutos)
0.2	Sacar pieza terminada						0.2
	Limpiar con aire comprimido						
0.4	Calibrar profundidad en placa						0.4
0.6	Desbastar canto con lima						
	Limpiar con aire comprimido				Inactivo		0.6
0.8	Colocar en caja						
	Recoger otra pieza						0.8
1.0	Limpiar la máquina con aire comprimido						1.0
1.2	Colocar pieza en dispositivo de fijación						
	Poner en marcha la máquina y el autoavance						1.2
1.4							1.4
1.6	Inactivo				Trabajando		
1.8					Terminar fresado segunda cara		1.6
2.0							1.8
2.2							2.0
2.4							2.2
2.6							2.4
2.8							2.6
3.0							2.8
3.2							3.0
3.4							3.2
3.6							3.4
3.8							3.6
							3.8

FIGURA 20-B— DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA:
FRESADO DE UNA PIEZA DE FUNDICIÓN
(Método perfeccionado)

DIAGRAMA Núm 9		HOJA Núm. 1		R E S U L T A D O S		
PRODUCTO		PLANO Núm. 3 239/1		ACTUAL	PROPUESTO	ECONOMÍA
Pieza de fundición B 239						
PROCESO				TIEMPO DEL CICLO		
Terminar fresado segunda cara				Hombre	2.0	1.36
				Máquina	2.0	1.35
				TIEMPO DE TRABAJO		
				Hombre	1.2	1.12
				Máquina	0.8	0.8
MAQUINA(S)		VELOCIDAD	AVANCE	TIEMPO DE INACTIVIDAD		
Fresadora vertical		80	33	Hombre		
Cincinnati núm 4		r/min	cm/min	Máquina		
				Hombre	0.8	0.24
				Máquina	1.2	0.56
OPERARIO As ^{to} pl		Núm DE LA FICHA 12361		UTILIZACIÓN		
COMPLETADO POR		FECHA		Hombre	60%	83%
				Máquina	40%	59%
TIEMPO (minutos)		HOMBRE		MÁQUINA		TIEMPO (minutos)
0.2		Solrar pieza terminada				0.2
0.4		Limpiar la máquina con aire comprimido Colocar pieza nueva en dispositivo de fijación, poner en marcha la máquina y el autoavance		Inactivo		0.4
0.6						0.6
0.8		Desbastar cantos de pieza fresada con una lima; limpiar con aire comprimido				0.8
1.0		Calibrar profundidad en placa Colocar pieza en dispositivo de fijación, poner en marcha la máquina y el autoavance		Trabajando		1.0
1.2				Terminar fresado segunda cara		1.2
1.4		Inactivo				1.4
1.6						1.6
1.8						1.8
2.0						2.0
2.2						2.2
2.4						2.4
2.6						2.6
2.8						2.8
3.0						3.0
3.2						3.2
3.4						3.4
3.6						3.6
3.8						3.8

la materia prima, a uno de los depósitos (que en la gráfica lleva la indicación "huesos") situado a 80 metros de la trituradora, desde donde son transportados hasta la máquina en una vagoneta sobre carriles.

Se contrata mano de obra (mujeres) para separar los huesos, clasificándolos en dos categorías: blandos y duros. Las mujeres depositan los huesos ya clasificados en un montón para que los hombres los carguen en la vagoneta. La faena de carga se hace a mano y dos hombres permanecen inactivos mientras otros dos empujan la vagoneta hasta la trituradora, la descargan y la traen al punto de partida; también estos trabajadores permanecen inactivos mientras se carga la vagoneta.

La anotación de las actividades de los cargadores, de la vagoneta y de la trituradora se efectuó a lo largo de ocho ciclos que duraron 117.5 minutos.

cargar la vagoneta:	7 minutos	2 hombres
Transportar en vagoneta hasta la trituradora, descargar y volver:	7 minutos	2 hombres
Cargar la vagoneta:	250 kilos	
Peso transportado en 117.5 min.:	8 x 250	2,000 kilos
Espera de la trituradora:	37.75 minutos.	

Se hizo un diagrama (página 45) sobre las actividades de la trituradora, de la vagoneta, de los operarios de ésta y de los cargadores. El diagrama indica que se invirtieron 10 minutos en substituir una correa rota; no obstante, después de la reparación la trituradora trabajó interrumpidamente 16.5 minutos, en vez de los 10 min. normales, con la carga de otra vagoneta que ya estaba preparada. Si se descuentan 4 min. de inactividad normal, tendremos que el período de inactividad neta de la trituradora no pasó de 6 min..

El examen crítico del diagrama muestra claramente que la trituradora está inactiva por regla general 31.75 min. de un total de 111.5 min (excluyendo 6 min. por avería), o sea durante el 28.5 por ciento del tiempo de trabajo posible. Cada grupo de trabajadores (cargadores y operarios de la vagoneta) está inactivo durante el 50% del tiempo de que dispone. El examen del diagrama sugiere inmediatamente la pregunta: ¿Por qué no cargan la vagoneta los operarios de la misma?

La respuesta es que si lo hicieran no descansarían y tendrían que trabajar sin interrupción para mantener la misma actividad de la trituradora. Se ahorraría mano de obra, pero no se mejoraría la productividad de la instalación. Además, no cabe esperar que nadie trabaje tres o cuatro horas sin parar, particularmente en un trabajo duro como cargar y empujar la vagoneta, al que normalmente se asignaría un descanso del 25% o tal vez más del tiempo total destinado a la operación. Si los dos operarios de la vagoneta se tomaran el descanso permitido, la productividad de la trituradora sería aun menor.

El estudio del diagrama de la zona de trabajo y la información que antecede muestran que las mujeres que separan los huesos en los depósitos marcados "huesos" tienen que acarrear los ya clasificados hasta el montón marcado "huesos seleccionados" para que los carguen en la vagoneta. Esto sugiere la pregunta: ¿Por qué las obreras que clasifican los huesos no los cargan directamente en la vagoneta?

Podrían hacerlo si se ampliaron los carriles unos 20 metros hasta los depósitos de huesos. Con ello se suprimirían los cargadores, pero que daría por resolver la inactividad de la trituradora durante 4 min. mientras se espera que la vagoneta llegue con otra carga. Las obreras que clasifican los huesos son más numerosas que los cargadores y pueden cargar la vagoneta con mayor rapidez que ellos; si se reduce la carga de cada vagoneta se invertiría menos tiempo en cargarla y se necesitaría un esfuerzo menor para empujarla: de ese modo tal vez sea posible mantener el ciclo de la trituradora y eliminar la espera.

La línea punteada de la figura de la página 46 indica la prolongación de los carriles hasta los depósitos de huesos. Están marcados con trazo punteado los cargadores suprimidos, que por cierto fueron destinados a otro trabajo de la fábrica; ello fue posible probablemente porque, como veremos, la producción de la trituradora aumentó considerablemente por efecto del cambio de método.

En la página 47 se muestra el diagrama de actividades múltiples con el método perfeccionado. Como puede verse, ha mejorado considerablemente el promedio de utilización de la trituradora.

Las cifras de rendimiento son ahora las siguientes:

Cargar la vagoneta:	1 minuto
Transportar en vagoneta hasta la trituradora, descargar y volver:	6 minutos
Carga de la vagoneta:	175 kilos
Peso transportado en 115,5 min.:	15 x 175 = 2,625 kilos
Espera de la trituradora:	6 minutos.

En el tiempo de espera de la trituradora se incluyen, como puede verse en el diagrama, 3 minutos para extraer los huesos duros, operación poco frecuente. Si se excluye este tiempo para comparar los rendimientos de los métodos original y perfeccionado, veremos que la trituradora está activamente disponible por un total de 112,5 min. El incremento de la producción de la trituradora con relación a períodos equivalentes asciende a 625 kilos, y el aumento de productividad representa el 29.5%.

De los ocho peones, dos quedan libres para otros trabajos; por lo tanto, la productividad de la mano de obra quedó incrementada en:

$$\left[\frac{2625 \times 8}{2000 \times 6} - 1 \right] \times 100, \text{ es decir, } 75\%.$$

Además, el espacio hasta ahora ocupado por los huesos seleccionados queda disponible para otros fines. El único gasto suplementario en que se incurrió fué el ocasionado por la instalación de 20 m. más de carril ligero para la vagoneta.

FIGURA 21-A — DIAGRAMA COMBINADO DE HOMBRE-MÁQUINA Y DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES : TRITURACIÓN DE HUESOS
(Método original)

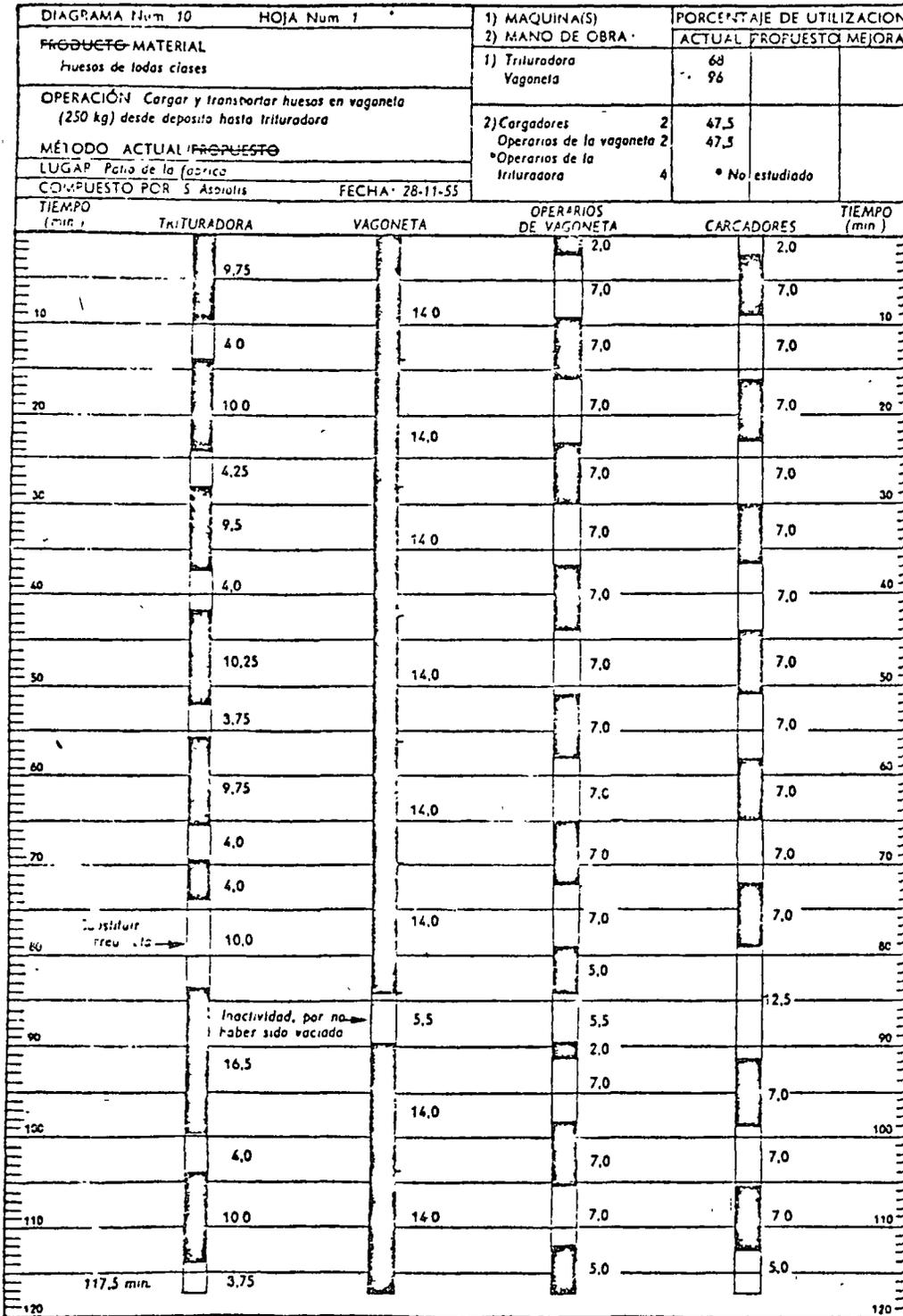


FIGURA 21-B- TRITURACIÓN DE HUESOS:
DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

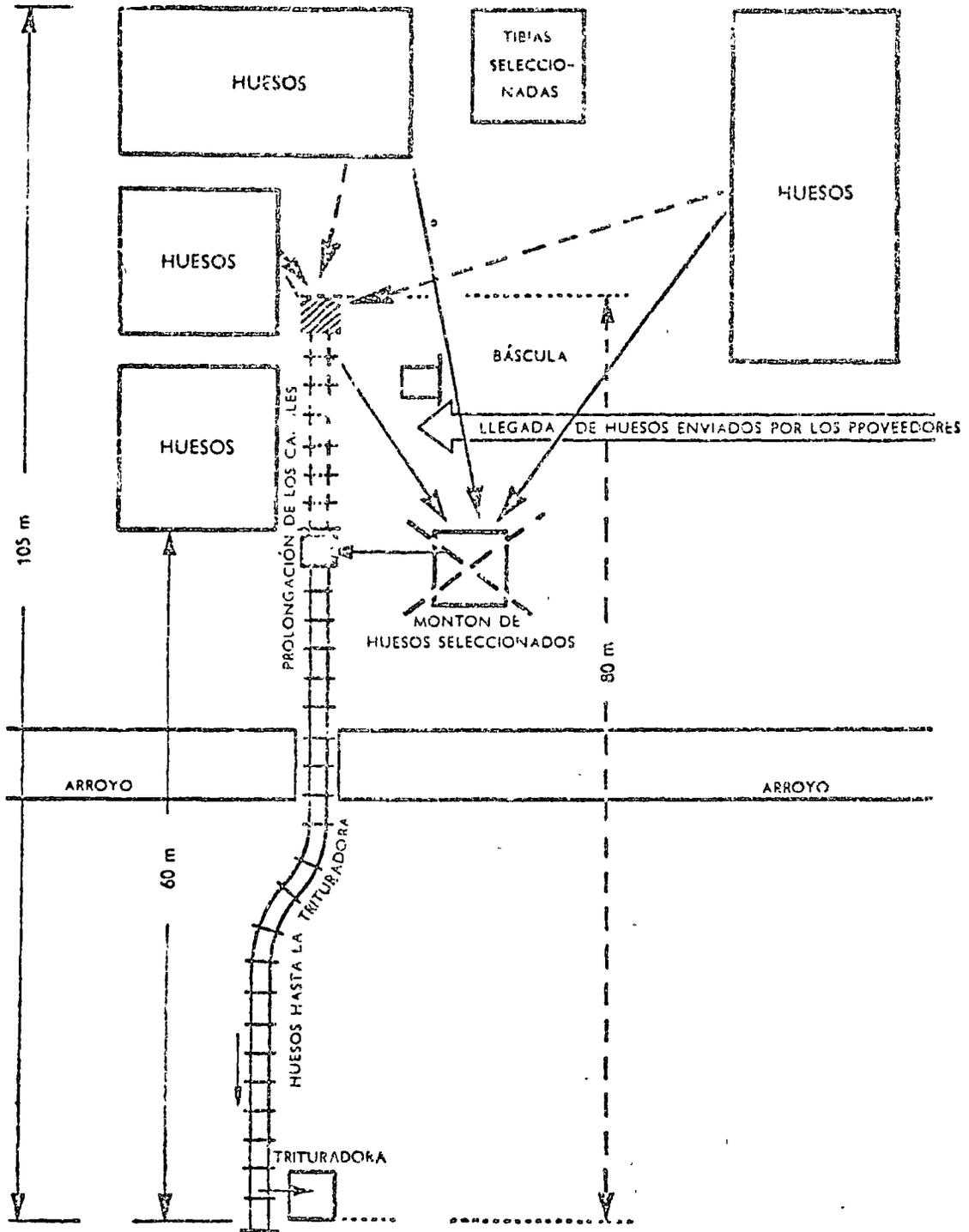
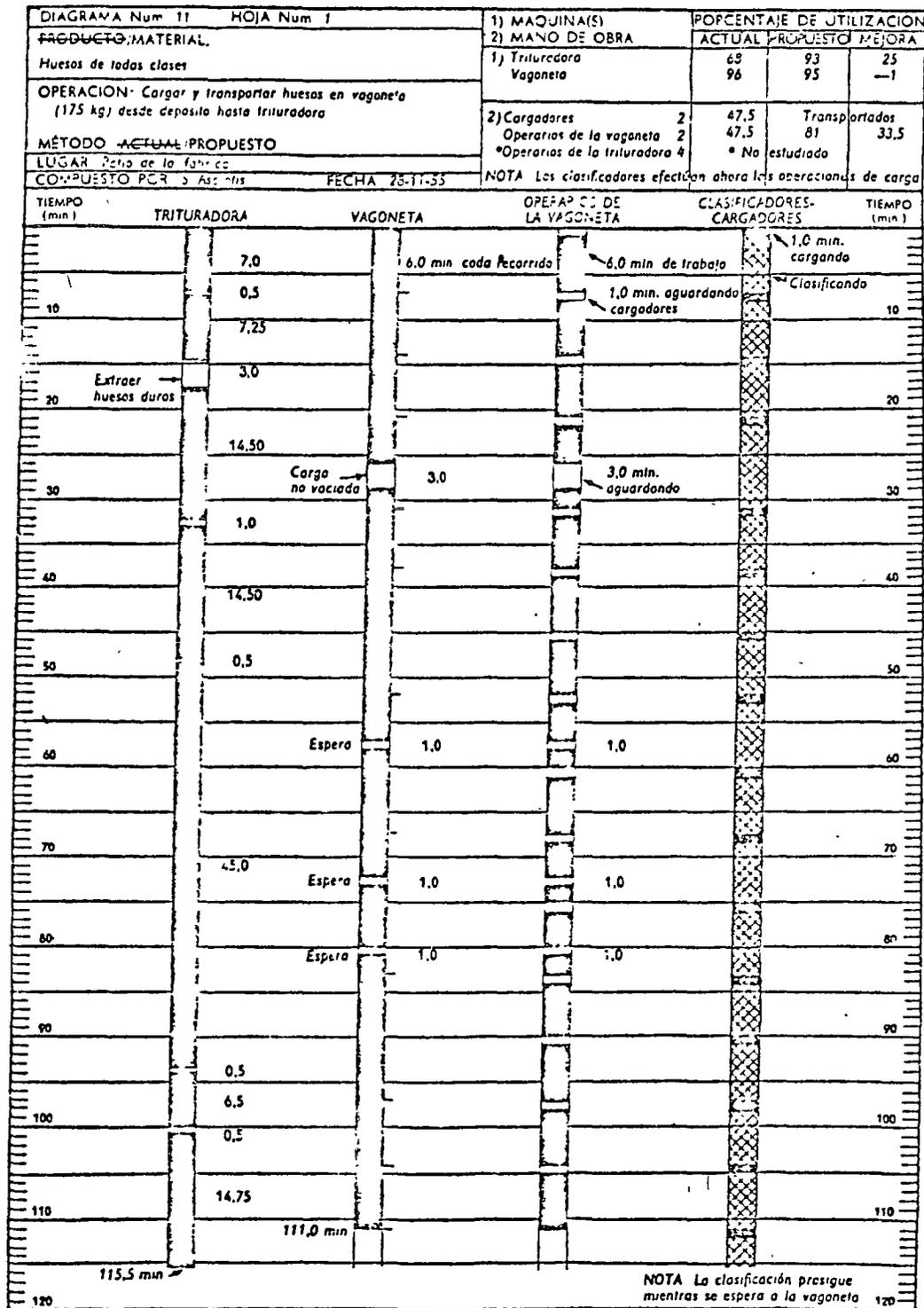


FIGURA 21-C - DIAGRAMA COMBINADO DE HOMBRE-MÁQUINA Y DE ACTIVIDADES MÚLTIPLES : TRITURACIÓN DE HUESOS (Método perfeccionado)



TECNICAS CUANTITATIVAS PARA LAS RELACIONES HOMBRE-MAQUINA

Las relaciones hombre-máquina pueden ser de tres tipos:

- Relación sincrónica
- Relación aleatoria
- Relación no sincrónica y no aleatoria

Relación sincrónica

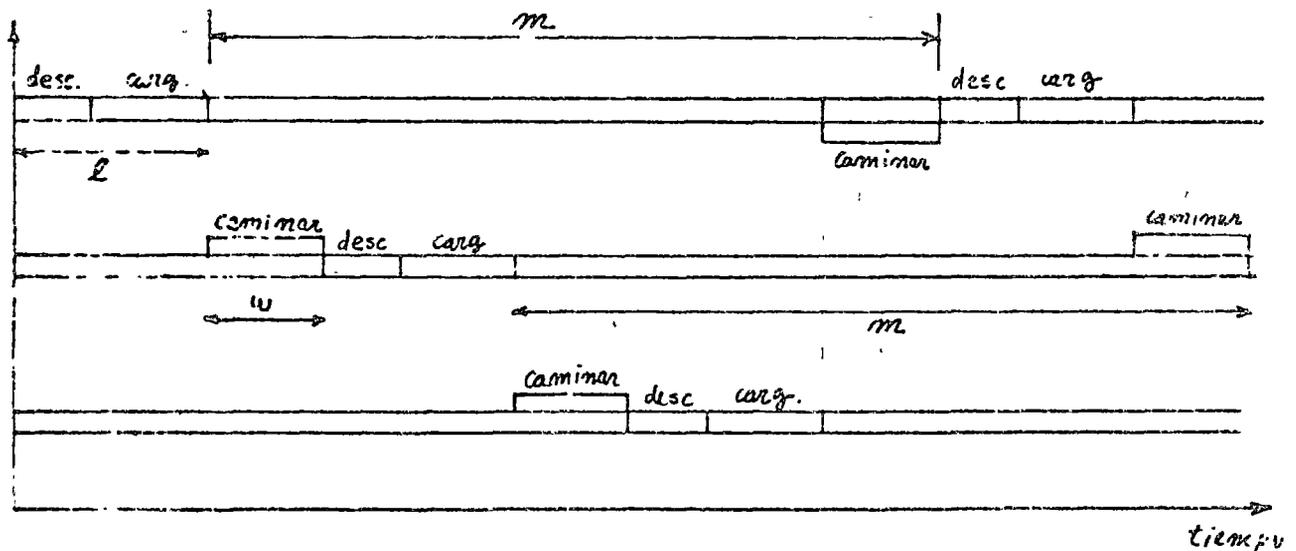
En una relación sincrónica no hay tiempo improductivo ni del operador ni de la máquina. Supongamos que:

"l" es el tiempo de cargar y descargar la máquina;

"m" es el tiempo de funcionamiento de la máquina (automáticamente);

"w" es el tiempo para caminar a la siguiente máquina.

Si la relación es sincrónica la gráfica representativa es como sigue:



El ciclo total de cada máquina será:

$$\text{CICLO} = l + m = 3 \text{ desc.} + 3 \text{ carg.} + 3 \text{ cam.} = 3 (l + w)$$

Por lo tanto:

$$(l + m)/(l + w) = 3 = N = N^0 \text{ de máquinas.}$$

O sea, cuando la relación es sincrónica, el resultado de la división de $(l + m)$ por $(l + w)$ es exactamente igual al número de máquinas que está operando el obrero.

El costo por ciclo para cada máquina en una relación sincrónica es:

$$C_0 = (1 + w) \cdot K_1 + (1 + m) \cdot K_2$$

donde:

K_1 = sueldo del obrero por unidad de tiempo.

K_2 = costo de la máquina por unidad de tiempo.

También podemos escribir:

$$C_{01} = (1 + m) \cdot K_1/N + (1 + m) \cdot K_2$$

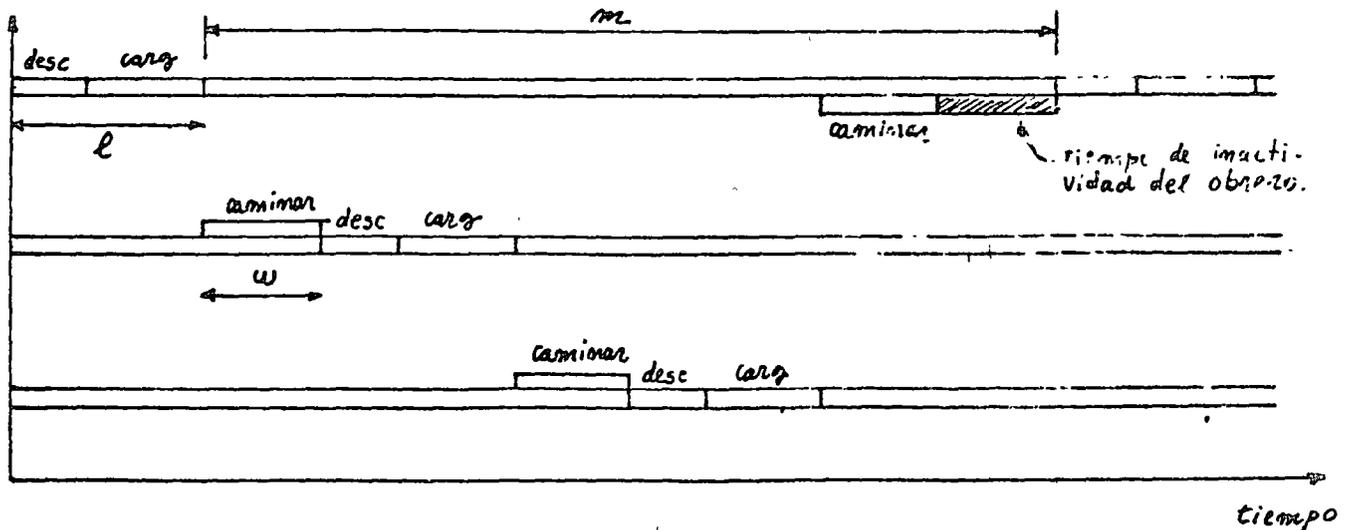
$$C_0 = (1 + m) \cdot (K_1/N + K_2)$$

Relación no sincrónica con el hombre inactivo.

Como hemos visto, la fórmula $(1 + m)/(1 + w)$ nos da exactamente el número de máquinas cuando la relación es sincrónica. Cuando este resultado no es un número entero, podemos hacer lo siguiente:

$$(1 + m)/(1 + w) = N \begin{cases} \rightarrow N_1 < N \\ \rightarrow N_2 > N \end{cases}$$

donde N_1 es el número entero menor y más cercano a "N" y N_2 es el número entero mayor y más cercano a "N". Si asignamos al obrero N_1 máquinas, éste tendrá tiempo ocioso y la gráfica representativa de esta relación sería la siguiente:



En este caso, el ciclo de cada máquina será:

$$\text{CICLO} = 1 + m = 3 \text{ desc.} + 3 \text{ carg.} + 3 \text{ cam.} + T.I._0$$

donde $T.I._0$ es el tiempo ocioso del obrero. También podemos escribir:

$$\text{CICLO} = N_1 \cdot (1 + w) + T.I._0$$

La mano de obra por ciclo será:

$$\frac{1 + m}{N_1} = \frac{N_1 \cdot (1 + w) + T.I._0}{N_1} \Rightarrow (1 + w) + T.I._0/N_1$$

En otras palabras, si calculamos la mano de obra por ciclo utilizando la fórmula $(1 + m)/N_1$, esto equivale a repartir el tiempo de inactividad $T.I._0$ entre las N_1 máquinas.

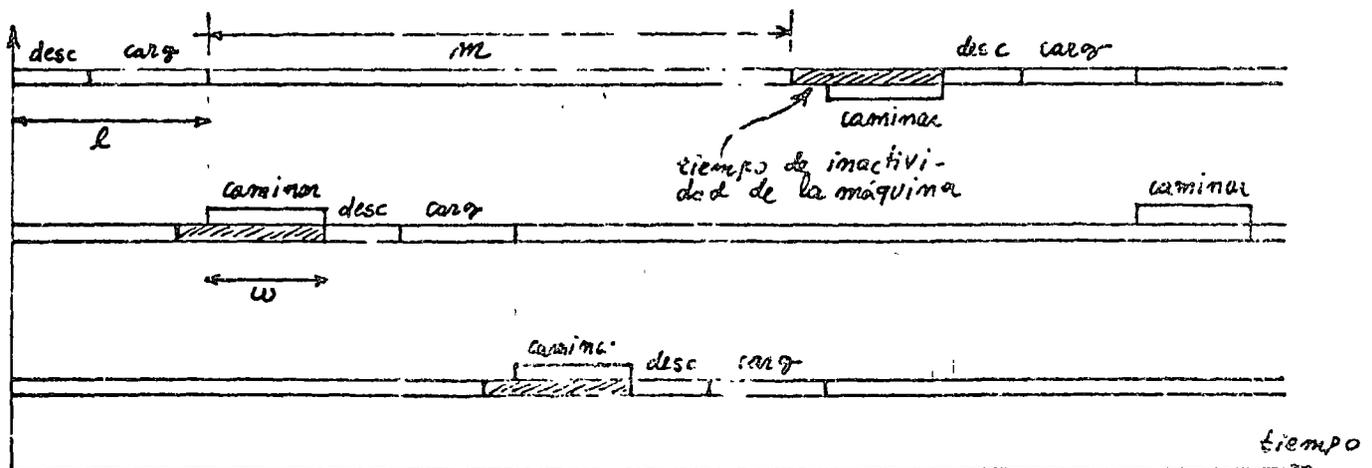
El costo por ciclo para N_1 máquinas será:

$$C_1 = (1 + m) \cdot K_1/N_1 + (1 + m) \cdot K_2$$

$$C_1 = (1 + m) \cdot (K_1/N_1 + K_2)$$

Relación no sincrónica con la máquina inactiva.

Cuando asignamos al obrero N_2 máquinas, la gráfica representativa de la relación es la siguiente:



En este caso el ciclo de cada máquina no es $(1 + m)$ y sí $(1 + w) \cdot N_2$. La mano de obra por ciclo es $(1 + w)$ y por lo tanto el costo por ciclo será:

$$C_2 = (1 + w) \cdot K_1 + (1 + w) \cdot N_2 \cdot K_2$$

$$C_2 = (1 + w) \cdot (K_1 + N_2 \cdot K_2)$$

MÉTODOS Y MOVIMIENTOS EN EL LUGAR DE TRABAJO

En este curso hemos seguido el principio según el cual es necesario perfeccionar los métodos generales antes de intentar mejorar los detalles. Pasamos ahora a estudiar al hombre en su lugar o mesa de trabajo.

El diagrama bimanual

Iniciaremos el estudio del operario en su lugar de trabajo utilizando otro tipo de diagrama del proceso, es decir, el diagrama bimanual. Este diagrama registra las actividades de las manos y a veces de los pies del operario, mostrando su relación. También se colocan en el diagrama, uno enfrente del otro, los símbolos de los movimientos que se ejecutan simultáneamente, y en ocasiones se utiliza una escala de tiempos.

El simple hecho de componer el diagrama bimanual permite al especialista adquirir un conocimiento íntimo de los pormenores del trabajo, y gracias al diagrama podrá estudiar cada elemento separadamente y su relación con los demás. El estudio sugerirá ideas de mejoras que deberán anotarse en el diagrama. Pueden proponerse diversos modos de simplificar el trabajo y será más fácil compararlos si se anotan todos en el diagrama. El mejor método suele ser el que necesita menor número de movimientos.

Al componer diagramas bimanuales conviene tener presentes estas observaciones:

- Registrar una mano cada vez.
- Registrar unos pocos símbolos de una vez. Estudiar el ciclo de las operaciones varias veces antes de comenzar las anotaciones.
- Registrar las acciones en el mismo renglón sólo cuando tienen lugar al mismo tiempo.
- Procurar registrar todo lo que hace el operario y evitar la combinación de elementos, transportes, etc, a no ser que ocurran al mismo tiempo.

Véamos ahora un ejemplo de diagrama bimanual : corte de tubos de vidrio.

El método original para la realización de la operación es el siguiente: el tubo se introducía hasta el tope de la plantilla para marcarlo con la lima y retirarlo un poco a fin de proceder a muescarlo (véase la Figura 22). Luego se sacaba de la plantilla para romperlo. Como se puede observar en la figura, el diagrama registra con mucho detalle los movimientos de las manos, ya que en trabajos de ciclo breve como éste, la suma de fracciones de segundo puede representar una proporción muy grande del tiempo total de trabajo.

El examen detallado del método original por medio de la sucesión de preguntas plantea inmediatamente varios puntos:

P. ¿ Por qué es necesario retener el tubo en la plantilla?

R. Porque sólo una parte de su longitud total se apoya en la plantilla.

P. ¿ Por qué no se muesca el tubo mientras se le hace girar, en vez de tener esperando a la mano derecha?

R. No hay ninguna razón que impida hacer girar el tubo y muescarlo al mismo tiempo.

P. ¿ Por qué hay que sacar el tubo de la plantilla para romperlo?

R. Porque si se hiciera doblándolo sobre la cara de la plantilla sería preciso recoger el extremo cortado, operación difícil si la parte saliente es muy corta. No habría necesidad de retirar el tubo con una plantilla que permitiera expulsar el extremo más corto al romperlo.

P. ¿ Por qué coger y depositar la lima al término de cada ciclo?

¿ No es posible retenerla?

R. Se necesitan las dos manos para romper el tubo por el método original, aunque posiblemente no sería necesario con otro tipo de plantilla.

En la Figura 23 se muestra el nuevo método para la realización de esta actividad. El diseño de la plantilla permite hacer la muesca a la derecha de las piezas de apoyo, de suerte que el extremo más corto caerá tras un golpe seco; esto evita tener que retirar el tubo y emplear las dos manos para separar el extremo roto.

FIGURA 22 -- DIAGRAMA BIMANUAL: CORTE DE TUBOS DE VIDRIO
(Método original)

DIAGRAMA Núm. 1 HOJA Núm. 1		DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO		
DIBUJO Y PIEZA: Tubo de vidrio de 3 mm				
OPERACIÓN: Cortar tubo				
LUGAR Talleres generales				
OPERARIO: D.G.				
COMPUESTO POR: A.B. FECHA: 22-7-52				
DESCRIPCIÓN MANO IZQUIERDA	SÍMBOLOS		DESCRIPCIÓN MANO DERECHA	
	M. I.	M. D.		
Colocar tubo en plantilla	1	1	Esperar	
Sostener tubo	2	1	Marcar tubo	
Retirar tubo un poco	3	2	Esperar	
Girar tubo	4			
		2	Muescar tubo con lima	
Sacar tubo de plantilla	5	1	Retirar lima	
Esperar	1	2	Colocar nuevamente mano en tubo	
		3	Coger tubo	
Ayudar mano derecha a romper tubo	6	4	Romper tubo { trazo roto cae en caja	
Coger tubo de otra forma	7	3	Llevar mano a lima	
		5	Coger lima	
RESUMEN				
	ACTUAL		PROPUESTO	
MÉTODO	M. I.	M. D.	M. I.	M. D.
Operaciones	7	5		
Inspecciones	—	—		
Transportes	—	3		
Esperas	1	2		
Almacenamientos	—	—		
Total	8	10		

Se ha reducido de 18 a 6 el número de operaciones y movimientos, y se espera, como resultado, aumentar la productividad en un 133%.

Principios de economía de movimientos.

Hay varios principios de economía de movimientos que son el resultado de la experiencia y constituyen una base excelente para obtener métodos mejores en el lugar de trabajo. Los principios pueden agruparse bajo tres encabezamientos:

- a) Utilización del cuerpo humano.
- b) Distribución del lugar de trabajo.
- c) Diseño de herramientas y equipo.

Principios en cuanto a la utilización del cuerpo humano:

- Ambas manos deben comenzar y completar sus movimientos a la vez.
- Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.
- Debe procurarse que todos los movimientos correspondan a la clase más baja con que sea posible ejecutar satisfactoriamente el trabajo (véase la Clasificación de los Movimientos, página 58).
- Debe emplearse la impulsión para ayudar al obrero y ésta deberá reducirse a un mínimo si ha de ser producida por esfuerzo muscular.
- Son preferibles los movimientos continuos y curvos a los movimientos rectos en los que hay cambios bruscos de dirección.
- Los movimientos balísticos (es decir de oscilación libre) son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos o controlados.
- El ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de una operación, y debe disponerse el trabajo para permitir un ritmo fácil y natural.
- Debe relevarse a las manos de todo trabajo que pueda ser realizado por otras partes del cuerpo (por ejemplo, por los pies utilizando pedales).

Principios en cuanto a la distribución del lugar de trabajo:

- Debe haber un lugar definido y fijo para todas las herramientas, para permitir la formación de hábitos y evitar la busca de las mismas.
- De ser posible deben utilizarse depósitos de suministro por gravedad para entregar el material tan cerca como sea posible del punto de utilización.
- Las herramientas, materiales y mandos deben situarse dentro del área de trabajo y tan cerca del trabajador como sea posible (véase la Figura 24).
- Siempre que sea posible, dispositivos que funcionan por gravedad deben ser utilizados para que el operario no tenga que usar las manos para evacuar el trabajo terminado.
- Deben preverse condiciones de visibilidad adecuadas y facilitar al obrero una silla del tipo y altura adecuados para permitir una buena postura. La altura del lugar de trabajo y la del asiento deberán combinarse de forma que permitan al operario trabajar alternativamente sentado o de pie.
- El color del lugar de trabajo deberá contrastar con el de la tarea a realizar, para reducir así la fatiga de la vista.

Principios en cuanto al diseño de herramientas y equipo:

- Debe relevarse a las manos de todo trabajo de "sostener pieza" siempre que pueda efectuarse mediante una plantilla, aparato de sujeción o dispositivo accionado por el pie.
- Siempre que sea posible deben combinarse dos o más herramientas.
- Siempre que cada dedo realice un movimiento específico, como para escribir a máquina, debe distribuirse la carga de acuerdo con las capacidades inherentes de los dedos.
- Los mangos, como los utilizados en las manivelas y destornilladores, deben diseñarse para que sea posible la mayor cantidad de superficie en contacto con la mano. Esto es de especial impor-

FIGURA 24 — ÁREA NORMAL Y ÁREA MÁXIMA DE TRABAJO

Diagrama 1.

ÁREA NORMAL DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE LOS DEDOS,
DE LA MUÑECA Y DEL CODO

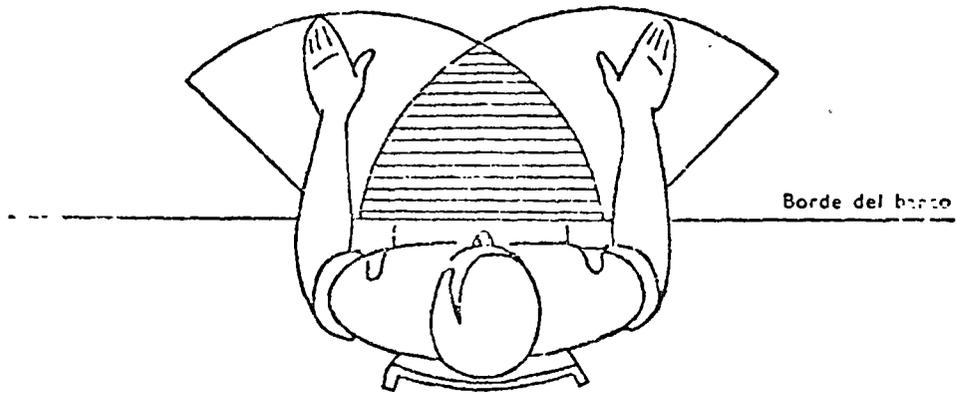
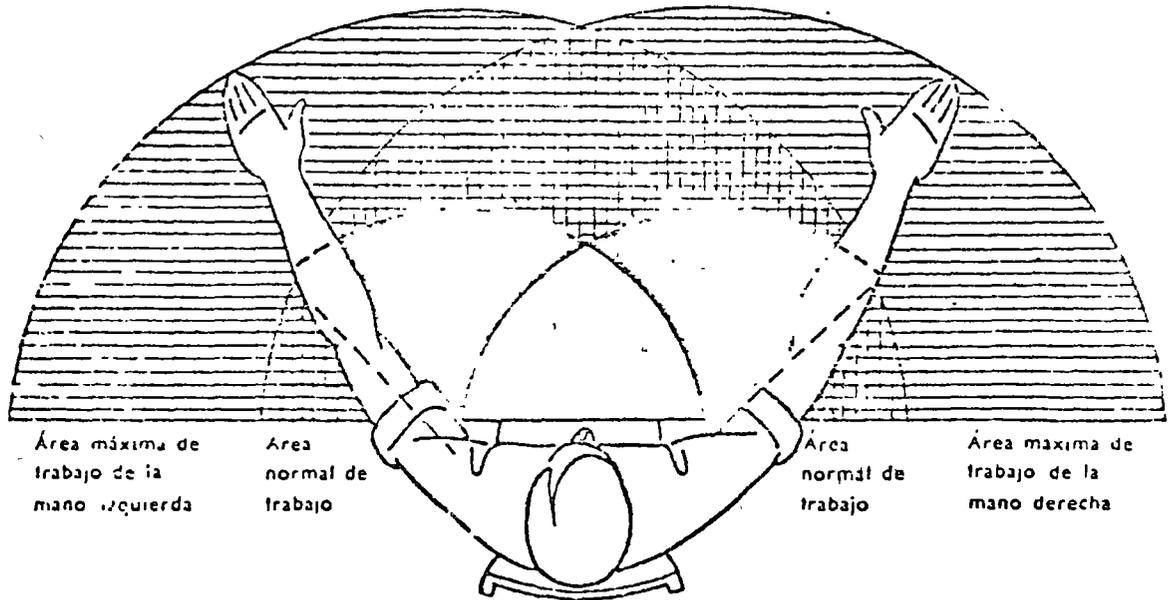


Diagrama 2.

ÁREA MÁXIMA DE TRABAJO
MOVIMIENTOS DE LOS HOMBROS



tancia cuando hay que ejercer una fuerza considerable sobre el mango.

- Las palancas, barras cruzadas y volantes de mano deben situarse en posiciones que permitan al operario manipularlas con un mínimo de cambio de posición del cuerpo y con las mayores ventajas mecánicas.

Estos principios pueden formar la base de una "check list", para facilitar la disposición del lugar de trabajo y evitar omisiones.

La Figura 11 muestra el área normal de trabajo y la zona de almacenamiento en el banco de trabajo de un operario corriente. Siempre que sea posible, los materiales no deben almacenarse en el área situada directamente enfrente del operario, ya que estirarse hacia adelante causa fatiga al emplear los músculos de la espalda, como ha sido demostrado recientemente en investigaciones de índole fisiológica.

Clasificación de los movimientos

El cuarto principio de la economía de movimientos del cuerpo humano requiere que aquellos se limiten a la clase más baja. Esta se basa en las partes del cuerpo que sirven de punto de apoyo para mover los miembros:

CLASE	PUNTO DE APOYO	PARTES DEL CUERPO EMPLEADAS
1	Uñillos	Dedo
2	Muñeca	Mano y dedos
3	Codo	Antebrazo, mano y dedos
4	Hombro	Brazo, antebrazo, mano y dedos
5	Tórax	Torso, brazo, antebrazo, mano y dedos

Es evidente que todo movimiento de categoría superior requerirá movimientos de todas las clases inferiores. Por consiguiente, está claro el ahorro de esfuerzos que representa la utilización de movimientos de la clase más baja. Al disponer el lugar de trabajo, si se coloca todo lo necesario al alcance fácil del operario, la clase de movimientos necesarios para efectuar el trabajo será la más baja posible.

MEDICION DEL TRABAJO

Introducción

La medición del trabajo es el medio por el cual la dirección puede medir el tiempo que se invierte en ejecutar una operación o una serie de operaciones de tal forma que el tiempo improductivo se destaque y sea posible separarlo del tiempo productivo. Así se descubre la existencia, naturaleza e importancia del tiempo improductivo, el cual antes estaba oculto dentro del tiempo total.

Es sorprendente la cantidad de tiempo improductivo incorporado en los procesos de las fábricas que nunca han aplicado la medición del trabajo, de modo que, o bien no se sospechaba o se consideraba como cosa corriente e inevitable que nadie podía remediar.

Como hemos visto anteriormente, las causas principales de la existencia del tiempo improductivo son las siguientes:

- a) Tiempo improductivo debido a deficiencias de la dirección de la Empresa.
- b) Tiempo improductivo bajo el control de los trabajadores.

Generalmente, las causas de tiempo improductivo evitables en mayor o menor grado por la dirección son mucho más numerosas que las que podrían suprimir los trabajadores. Además, la experiencia ha demostrado que si se toleran los tiempos improductivos debido a deficiencias de la gerencia (por ejemplo, falta de materias primas), los trabajadores se van desanimando y aumenta el tiempo improductivo atribuible a éstos.

Así como en toda reorganización el estudio de métodos debe preceder a la medición del trabajo, de igual modo la eliminación del tiempo improductivo por deficiencias de la dirección debe preceder a toda ofensiva contra el tiempo improductivo imputable a los trabajadores.

Técnicas de medición del trabajo

1) Estudio de tiempos:

Es la técnica de medición del trabajo empleada para registrar los

tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución pre-establecida.

El procedimiento básico para la realización de un estudio de tiempos es el siguiente:

- a) Seleccionar la actividad a ser medida.
- b) Registrar toda la información acerca de la actividad.
- c) Registrar una descripción completa del método utilizado.
- d) Descomponer la operación en elementos.
- e) Analizar toda la información registrada.
- f) Medir el tiempo por medio de un instrumento apropiado.
- g) Determinar al propio tiempo la velocidad de trabajo efectiva del operario con relación a la velocidad "normal" preestablecida.
- h) Convertir los tiempos observados en tiempos normales o básicos.
- i) Determinar los suplementos.
- j) Determinar el tiempo estándar o tiempo tipo.

Seleccionar la actividad

En la selección de la actividad tenemos que considerar los mismos aspectos que ya han sido descritos en los capítulos correspondientes al Estudio de Métodos.

Registrar la información acerca de la actividad

La información general acerca de la actividad deberá constar principalmente de la siguiente:

- Información que permita identificar rápidamente el estudio.
- Información que permita identificar con exactitud el producto o pieza que se elabora.
- Información que permita identificar con exactitud el proceso, la instalación o la máquina.
- Información que permita identificar al operario.

Registrar o comprobar el método

Antes de emprender el estudio es importante registrar el método empleado por el operario. Si un estudio de métodos ya fue realizado anteriormente, lo único que hay que hacer es comparar el trabajo efectuado con la descripción del método que ya se tiene registrada. Si no se realizó anteriormente un estudio de métodos, deberá hacerse un registro cuidadoso del método empleado para efectuar el trabajo, y eventualmente corregir las deficiencias evidentes.

Descomponer la operación en elementos

Después de registrar todos los datos sobre la operación y el operario y de comprobar el método, deberá descomponerse la operación en elementos. La división de la operación en elementos es necesaria a fin de:

- Asegurar la separación del trabajo productivo de las actividades improductivas.
- Evaluar el rendimiento con más exactitud ya que el operario puede no trabajar al mismo ritmo durante todo el ciclo.
- Aislar los elementos causantes de un mayor grado de fatiga y consecuentemente fijar con más exactitud los suplementos.
- Hacer una especificación más sistemática y detallada del trabajo.

Los elementos pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) Elementos de repetición son los que se repiten en cada ciclo.
- b) Elementos contingentes son los que no ocurren en cada ciclo de la operación, sino a intervalos regulares o irregulares.
- c) Elementos constantes son los que siendo idénticos en su especificación y tiempo, aparecen en operaciones diferentes.
- d) Elementos variables son aquéllos cuyo tiempo de ejecución cambia según las características del producto, equipo o proceso.
- e) Elementos mecánicos son aquéllos realizados automáticamente por la máquina.

- f) Elementos manuales son aquéllos realizados por el operario.
- g) Elementos extraños son los observados en el curso de un estudio pero que no son parte necesaria de la operación.

Vale la pena mencionar algunas reglas generales para separar los elementos de una operación:

- Los elementos deberán ser todo lo breves que sea posible, pero no más cortos que 4 centésimas de minuto.
- Los elementos deberán ser de identificación fácil y de comienzo y fin claramente definidos.
- Los elementos deberán tener movimientos completos.
- Los elementos mecánicos deberán separarse de los manuales, los constantes de los variables, y los repetitivos de los contingentes.

Medir el tiempo de cada elemento

En un estudio de tiempos se utiliza generalmente el cronómetro para la medición del trabajo. Existen dos procedimientos para computar el tiempo por medio del cronómetros:

- a) Cronometraje continuo
- b) Cronometraje con vuelta a cero.

En el cronometraje continuo el reloj funciona de modo ininterrumpido y se registra el tiempo al terminar cada elemento; los tiempos de cada elemento son entonces obtenidos por subtracciones sucesivas. En el cronometraje con vuelta a cero se registra el tiempo al terminar cada elemento e inmediatamente después se regresa la manecilla del cronómetro a cero. Los tiempos obtenidos ya corresponden a la duración de los elementos y no son necesarios cálculos posteriores.

El número de ciclos que deben cronometrarse depende obviamente de la precisión y confiabilidad deseadas y puede ser calculado a través de la fórmula siguiente:

$$N = \sigma \cdot t / \bar{X} \cdot E$$

Donde:

σ es la desviación estándar de los tiempos tomados.

"t" es el valor de la distribución "t" de Student que corresponde a la confiabilidad deseada y al número de grados de libertad (número de tiempos menos uno).

\bar{X} es la media de los tiempos.

E es el error tolerable como una fracción de la media.

Se puede observar que para aplicar esta fórmula necesitamos antes que nada hacer unas pocas observaciones (por ejemplo, 10) y en seguida calcular la desviación estándar y la media de dichos datos. A continuación presentamos una tabla de donde podemos sacar los valores de "t", así como dos formularios para el registro de tiempos.

Determinar el rendimiento del operario

La determinación del rendimiento del operario (o valoración) consta básicamente de la comparación de su rendimiento real con el rendimiento "normal" previamente establecido. Al rendimiento normal corresponde el porcentaje 100% y a rendimientos mayores o menores que el normal corresponden porcentajes mayores o menores que 100%, respectivamente.

El rendimiento normal es aquél que lograría un operario calificado y suficientemente motivado, sin forzarse, y además cuyo sueldo no sea proporcional a su volumen de producción. Se puede observar que esta definición es bastante subjetiva y por esto la valoración es uno de los temas más discutidos del Estudio del Trabajo. Las desventajas principales de la valoración son las siguientes:

- El concepto de "rendimiento normal" puede variar no sólo entre distintas empresas, sino dentro de una misma empresa.
- Los costos de dar entrenamiento sobre valoración son generalmente altos.
- Cuando un especialista empieza un estudio puede tener muy clara la idea de lo que es un rendimiento normal. Sin embargo, después

Valores críticos de la distribución de t de Student

α	Valores críticos bilaterales						
	0.50	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.00000	2.4142	6.3138	12.706	25.452	63.657	127.32
2	0.81650	1.6036	2.9200	4.3027	6.2053	9.9248	14.089
3	0.76489	1.4226	2.3534	3.1825	4.1765	5.8409	7.4573
4	0.74070	1.3444	2.1318	2.7764	3.4954	4.6041	5.9970
5	0.72669	1.3009	2.0150	2.5706	3.1634	4.0321	4.7731
6	0.71756	1.2733	1.9432	2.4469	2.9687	3.7074	4.5168
7	0.71114	1.2543	1.8946	2.3646	2.8412	3.4995	4.3294
8	0.70639	1.2403	1.8595	2.3060	2.7515	3.3554	4.1815
9	0.70272	1.2297	1.8331	2.2622	2.6950	3.2478	4.0677
10	0.69981	1.2213	1.8125	2.2281	2.6378	3.1693	3.9814
11	0.69745	1.2145	1.7959	2.2010	2.5911	3.1058	3.9266
12	0.69548	1.2089	1.7823	2.1779	2.5500	3.0545	3.8824
13	0.69384	1.2041	1.7709	2.1604	2.5126	3.0123	3.8425
14	0.69242	1.2001	1.7613	2.1448	2.4796	2.9768	3.8057
15	0.69120	1.1967	1.7530	2.1315	2.4509	2.9467	3.7800
16	0.69013	1.1937	1.7459	2.1199	2.4259	2.9208	3.7520
17	0.68919	1.1910	1.7396	2.1093	2.4031	2.8982	3.7228
18	0.68837	1.1887	1.7341	2.1004	2.3820	2.8784	3.6966
19	0.68763	1.1866	1.7291	2.0930	2.3634	2.8609	3.6737
20	0.68696	1.1848	1.7247	2.0860	2.3471	2.8453	3.6534
21	0.68635	1.1831	1.7207	2.0796	2.3328	2.8314	3.6352
22	0.68580	1.1816	1.7171	2.0739	2.3195	2.8189	3.6188
23	0.68531	1.1802	1.7139	2.0687	2.3079	2.8073	3.6040
24	0.68485	1.1789	1.7109	2.0649	2.2970	2.7969	3.5905
25	0.68443	1.1777	1.7081	2.0595	2.2866	2.7874	3.5782
26	0.68405	1.1766	1.7056	2.0545	2.2780	2.7787	3.5669
27	0.68370	1.1757	1.7033	2.0518	2.2704	2.7707	3.5565
28	0.68335	1.1748	1.7011	2.0484	2.2635	2.7633	3.5469
29	0.68304	1.1739	1.6991	2.0452	2.2572	2.7564	3.5380
30	0.68276	1.1731	1.6973	2.0423	2.2516	2.7500	3.5298
40	0.68066	1.1673	1.6839	2.0211	2.1259	2.7045	2.9712
60	0.67867	1.1616	1.6707	2.0033	2.0991	2.6677	2.9146
120	0.67656	1.1559	1.6577	1.9799	2.0699	2.6174	2.8597
∞	0.67449	1.1503	1.6449	1.9600	2.0414	2.5738	2.8070
α	0.25	0.125	0.05	0.025	0.0125	0.005	0.0025
α	Valores críticos unilaterales						

FUENTE: E. S. Pearson, Critical Values of Student's t Distribution, *Biometrika*, vol. 32 pp. 168-181, 1941.

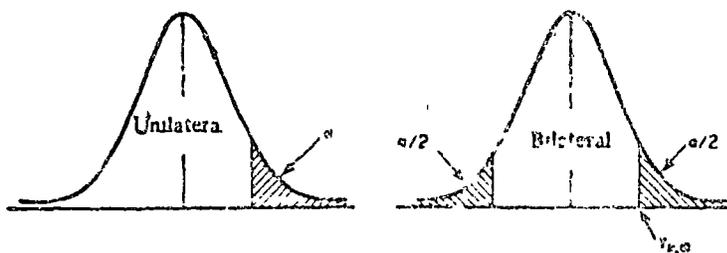


FIGURA 25 — FORMULARIO GENERAL PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS
(Anverso)

FORMULARIO DE ESTUDIO DE TIEMPOS									
DEPARTAMENTO					Num DEL ESTUDIO				
OPERACION					Num DE LA HOJA				
INSTALACION/MAQUINA					TÉRMINO				
HERRAMIENTAS Y CALIBRADORES					COMIENZO				
PRODUCTO/PIEZA					TIEMPO TRANSCURRIDO				
PLANO Num					OPERARIO				
DISTR					Num DE LA FICHA				
MATERIAL					OBSERVADO POR				
CALIDAD					FECHA				
COMPRC BADO					COMPRC BADO				
Nota Croquis de la DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO, MONTAJE O PIEZA en hoja aparte y unir									
DESCRIPCION DEL ELEMENTO	V	L C	T O	T N	DESCRIPCION DEL ELEMENTO	V	L C	T O	T N

Nota V = Valoración L C = Lectura del cronometro T O = Tiempo observado T N = Tiempo normalizado

FECHA DEL ESTUDIO		TÉRMINO _____ COMIENZO _____ TIEMPO TRANSCURRIDO _____	HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS		ESTUDIO Num _____ HOJA Num _____																																																												
DEPARTAMENTO. _____		NOMBRE DE LA PIEZA. _____		TIEMPO DEL CICLO NORMALIZADO O TOTAL DE TIEMPOS MEDIOS DE LOS ELEMENTOS _____ MIN																																																													
OPERACION _____		Num DEL PLANO _____	PIEZA Num _____	FACTOR DE VALORACION _____																																																													
HERRAMIENTAS UTILIZADAS _____		VELOCIDAD R/MIN _____	AVANCE _____	TIEMPO DEL CICLO NORMALIZADO _____ MIN																																																													
MÁQUINA Y Num _____		TIPO	RAZONES QUE ACONSEJAN LLEVAR A CABO ESTUDIO	SUPLEMENTOS	PERSONALES % POR RETRASO % POR DESCANSO % VARIOS %																																																												
FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> A PIE <input type="checkbox"/> A MANO <input type="checkbox"/>		_____	ESTUDIO ORIGINAL <input type="checkbox"/>			TIEMPO TIPO POR PIEZA _____ MIN																																																											
MATERIAL _____		_____	CAMBIO EN ESTUDIO DE MÉTODOS <input type="checkbox"/>																																																														
		_____	COMPROBAR EL TIPO ESTABLECIDO <input type="checkbox"/>																																																														
DISPOSICIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO			DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO																																																														
<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>																																																															OBSERVACIONES		

FIGURA 27 — FORMULARIO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS DE CICLO BREVE (Anverso)

FECHA DEL ESTUDIO		TÉRMINO		HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS							ESTUDIO N.º		
		COMIENZO		HOJA N.º									
ELEMENTO Num		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NOMBRE DEL OPERARIO	
DE PIE <input type="checkbox"/>												N.º DE LA FICHA	
SENTADO <input type="checkbox"/>												OBSERVADO POR	
MOVIÉN-DOSE <input type="checkbox"/>												APROBADO POR	
CICLO												ELEMENTOS EXTRAÑOS	
1												DESCRIPCIÓN	
2												A	
3												B	
4												C	
5												D	
6												E	
7												F	
8												G	
9												H	
10												I	
11												J	
12												K	
13												L	
14												M	
15												N	
16												O	
17												P	
18												Q	
19												R	
20												S	
TOTAL												T	
N.º DE													
DE													
0.15													
1.00													
N.º DE													
DE													
N.º DE													
DE													

FIGURA 28 — FORMULARIO PARA EL ESTUDIO DE TIEMPOS DE CICLO BREVE (Reverso)

de un cierto número de ciclos, el mismo ritmo del operario interferirá con la idea que tenía el especialista sobre el rendimiento normal.

- Algunos elementos son muy cortos y el especialista no tiene tiempo para hacer una evaluación precisa del rendimiento del operario.

Apesar de todas estas desventajas, hasta hoy no ha sido desarrollado un método más objetivo para la evaluación del rendimiento, de modo que la valoración siempre es utilizada cuando se aplica la técnica de estudio de tiempos.

Convertir los tiempos observados en tiempos normales

Los tiempos normales son determinados simplemente multiplicándose los tiempos obtenidos por sus valoraciones correspondientes. Por ejemplo, si en un ciclo dado el operario tuvo un rendimiento igual a 80% y el tiempo obtenido fue 40 centésimas de minuto, entonces el tiempo normal de este ciclo será:

$$T.N. = 0.80 \times 40 = 32.$$

En seguida, se calcula para cada elemento el tiempo normal medio.

Determinar los suplementos

Finalmente, para la determinación del tiempo estándar, tenemos que añadir al tiempo normal de cada elemento los suplementos, que son los márgenes de tiempo que se conceden al operario debido a la naturaleza del proceso o para proporcionarle la oportunidad de recuperarse de la fatiga y para atender a sus necesidades personales. A continuación presentamos una tabla que puede ser utilizada para el cálculo de los suplementos debido a la fatiga y a las necesidades personales.

Determinar el tiempo estándar

El tiempo estándar de cada elemento será la suma del tiempo normal y del suplemento que le corresponde. El tiempo estándar total de la operación será la suma de los tiempos estándares de los elementos.

FIGURA 29 — EJEMPLO DE UN SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO EN PORCENTAJES DE LOS TIEMPOS NORMALES¹

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		E. Condiciones atmosféricas ² (Calor y humedad)			
	Hombres	Mujeres			
Suplemento por necesidades personales	5	7			
Suplemento base por fatiga	4	4			
2. SUPLEMENTOS VARIABLES		F. Concentración intensa			
	Hombres	Mujeres			
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4	Trabajos de cierta precisión	0	0
B. Suplemento por postura anormal			Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Ligeramente incómoda	0	1	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Incómoda (inclinado)	2	3			
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	G. Ruido		
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (Levantar, tirar o empujar)			Continuo	0	0
Peso levantado en kilos			Intermitente y fuerte	2	2
2,5	0	1	Intermitente y muy fuerte; Estridente y fuerte	5	5
5	1	2			
7,5	2	3	H. Tensión mental		
10	3	4	Proceso bastante complejo	1	1
12,5	4	6	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
15	5	8	Muy complejo	8	8
17,5	7	10			
20	9	13	I. Monotonía		
22,5	11	16	Trabajo algo monótono	0	0
25	13	20 (máx.)	Trabajo bastante monótono	1	1
30	17	—	Trabajo muy monótono	4	4
35,0	22	—			
J. Mala iluminación ³			J. Tédio		
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Trabajo algo aburrido	0	0
Bastante por debajo	2	2	Trabajo aburrido	2	1
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo muy aburrido	5	2

¹ Cifras reproducidas con autorización de la Personnel Administration Ltd., Londres.

² Véase el cuadro 2.

³ Cifras facilitadas por J. B. Shearer.

⁴ En porcentaje de la duración del turno de trabajo. Estas cifras se aplican únicamente a las personas aclimatadas.

2) Muestreo del trabajo

El muestreo del trabajo es la técnica que se aplica principalmente para determinar la importancia relativa de las diversas actividades que pueden ocurrir en los sistemas productivos, y para establecer estándares de producción.

Al efectuar un estudio de muestreo del trabajo, el analista hace un número de observaciones relativamente grande a intervalos regulares y al azar. La relación entre el número de observaciones correspondientes a una determinada actividad y el número total de observaciones, se aproxima al porcentaje de tiempo en que el proceso se encuentra en ese determinado estado de actividad. Por ejemplo, si 10,000 observaciones en un período de varias semanas demostraron que una máquina automática estaba trabajando en 7,000 ocasiones y permanecía parada en otras 3,000, es razonablemente cierto que el tiempo de paro de la máquina será de un 30% del día de trabajo, o sea, 2.4 horas/día, y que la productividad efectiva de la máquina será de 5.6 horas/día.

La precisión y la confiabilidad del porcentaje obtenido dependerá obviamente del número de observaciones realizadas. Se puede demostrar que si se quiere una confiabilidad de 95% y un error no mayor que E%, el número de observaciones será dado por:

$$N = 4P (100 - P) / E^2$$

donde: P = porcentaje que corresponde a la actividad.

E = error permisible (en porcentaje)

N = número de observaciones para una confiabilidad del 95%.

Se puede observar que para el cálculo de "N" se necesita saber el porcentaje correspondiente a la actividad analizada. Por lo tanto, para determinar "N", inicialmente deberán hacerse unas pocas observaciones (por ejemplo, 30), determinar el porcentaje correspondiente a la actividad y finalmente aplicar la fórmula arriba mencionada. Cuando se están analizando varias actividades simultáneamente, el número de observaciones será determinado para aquella actividad

cuyo porcentaje más se acerque a 50%. Por ejemplo, si se hicieron 30 observaciones y las actividades "A" y "B" presentaron porcentajes iguales a 40% y 10%, respectivamente, y si el error máximo permisible para ambas actividades es 10%, entonces el número de observaciones para una confiabilidad de 95% será:

$$N = 4 \times 40\% (100\% - 40\%) / 10\% = 16 \times 60 = 960.$$

ya que 40% está más cerca de 50% que el porcentaje 10%.

Finalmente, vale la pena señalar que la técnica de muestreo del trabajo puede aplicarse en combinación con el "muestreo del rendimiento", que puede definirse como el procedimiento para estimar el rendimiento medio de un trabajador, llevando a cabo valoraciones durante las observaciones del muestreo. En este caso, cuando exista un conteo de producción se puede establecer un tiempo estándar que substancialmente es el mismo que se obtiene por las técnicas de medición del trabajo convencionales.

3) Datos estándar

Los datos estándar son, en su mayor parte, tiempos estándares tomados de estudios de tiempos y que se repiten en varias operaciones diferentes. Estos estándares están clasificados y archivados de modo que, cuando se necesiten, puedan ser fácilmente encontrados.

Si consideramos los conceptos de elemento constante y elemento variable, podemos observar que pueden archivarse los tiempos estándares de los elementos constantes y cronometrar para cada nueva operación solamente los elementos variables y los elementos constantes todavía no archivados. En varias situaciones, los elementos variables pueden determinarse mediante gráficas, ecuaciones, nomogramas, etc. y por consiguiente tampoco será necesario el cronometraje.

Una de las ventajas principales de los datos estándar es que utilizando las tablas de tiempos archivados, varias personas que utilicen una definición rigurosa de los elementos de una operación dada, llegarán a tiempos estándares idénticos para aquellas partes cuyos elementos (constantes o variables) están archivados.

4) Sistemas de tiempos predeterminados

En teoría no es mucho camino que hay que recorrer para llegar desde la síntesis de los tiempos de una operación (datos estándar), combinando los tiempos estándares de varios elementos previamente cronometrados en la empresa, a la síntesis de los tiempos de una operación partiendo de los tiempos predeterminados para la realización de los movimientos humanos fundamentales considerados de aplicación universal. Como ejemplos de movimientos fundamentales u elementales, tenemos: mover, coger, soltar, etc.

El método de tiempos predeterminados consta, por lo tanto, de la determinación del tiempo estándar de una operación, utilizándose tablas que proporcionan el tiempo básico o normal para cada movimiento humano fundamental.

El procedimiento básico para la aplicación de los sistemas de tiempos predeterminados es el siguiente:

- a) Selección del trabajo por estudiar. Los mismos comentarios que se hicieron en el primer paso del Estudio de Tiempos se aplican aquí. Como se verá posteriormente, los sistemas de tiempos predeterminados (S. T. P.) son difíciles y costosos de aplicar y consecuentemente sólo se prestan para operaciones repetitivas y de poca duración.
- b) División de la operación en sus movimientos fundamentales, como por ejemplo mover, tomar, alcanzar, etc, los cuales también se llaman therbligs.
- c) Cálculo de los tiempos básico o normales. El tiempo para realizar cada movimiento fundamental se toma de las tablas. Entre más sofisticado sea el sistema, mayor será el número de variables que deban considerarse al escoger un valor de la tabla. Los tiempos de las tablas corresponden a ritmos normales, por lo que ya deben considerarse como tiempos normales o básicos.
- d) Cálculo del tiempo estándar. El cálculo del tiempo estándar a partir de los tiempos normales de cada elemento, se obtiene de la misma forma que en el Estudio de Métodos, excepto que no es necesario promediar.



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



TEMAS IMPORTANTES DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

ING. ODON DE BUEN LOZANO

FEBRERO-MARZO, 1978.

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

CONSIDERACIONES GENERALES.

Las actividades principales de la Ingeniería son las siguientes:

Investigación aplicada (Desarrollo). En esta actividad el ingeniero trabaja en las fronteras de la actividad del científico y del ingeniero, aprovechando los descubrimientos realizados por éste, para desarrollar nuevos dispositivos y procedimientos que le permiten la transformación de la naturaleza, para servicio de la sociedad. La diferencia fundamental entre el trabajo del científico y del ingeniero es que el primero realiza su trabajo sin un fin utilitario, buscando el descubrimiento de las leyes que gobiernan a la naturaleza. El ingeniero, en cambio, cuando realiza un trabajo de investigación, lo hace para resolver problemas concretos, empleando los conocimientos científicos y la metodología de la ingeniería.

Docencia. La docencia, en todas sus fases tiene por objeto la transmisión del conocimiento recibido por una generación a las siguientes generaciones, enriqueciéndolo con los conocimientos y la experiencia adquiridos por la primera. En la época actual más que en ninguna de las anteriores, por la velocidad del desarrollo científico y tecnológico, más que transmitir el conocimiento en forma directa, aunque lo haga en cierta escala, el maestro debe enseñar al alumno cómo y dónde adquirir el conocimiento que necesita y la metodología a seguir para la utilización del conocimiento en la solución de problemas concretos. Asimismo es el encargado de evaluar adecuadamente si el alumno ha adquirido los conocimientos, las habilidades y la actitud adecuada, para la solución apropiada de los problemas de la ingeniería.

Planeación. La planeación tiene por objeto la previsión del futuro, con el objeto de adecuar nuestra presente y futura actividad para hacer posible el alcance de determinadas metas especificadas, en un tiempo establecido. Incluye la estimación de los recursos generales necesarios para alcanzar dichas metas.

Diseño y Proyecto. La función del ingeniero de diseño es la de convertir una idea surgida para la satisfacción de una necesidad de la colectividad social, en planos, especificaciones, modelos, maquetas y procedimientos que permitan fabricar el bien o dar el servicio que se requiere.

Se hace una diferenciación entre diseño y proyecto, considerando la primera actividad como la necesaria para desarrollar máquinas, dispositivos y objetos industriales y la segunda como la indicada para el desarrollo de instalaciones, donde el proyectista selecciona determinados dispositivos y máquinas para formar unidades productivas, sencillas de construir, montar, operar y mantener y con la adecuada confiabilidad y disponibilidad, instalando equipos redundantes en aquellas partes de la instalación en que las necesidades del servicio y la economía de la operación lo aconsejen.

Construcción y montaje. Los ingenieros dedicados a esta actividad son los que a partir de los planos, especificaciones, modelos, maquetas y procedimientos, desarrollados por los ingenieros de diseño y proyecto, llevan a cabo el armado de los equipos en el terreno, verifican el montaje de los mismos, hacen la instalación de los equipos auxiliares, como tanques, válvulas, tuberías, charolas, cables, estructuras, tableros, etc., y realizan finalmente las pruebas y puesta en servicio de las instalaciones, para garantizar que cada uno de los equipos y dispositivos y la instalación en su conjunto, estén trabajando de acuerdo con especificaciones. En muchos casos personal de esta área se encarga de la inspección en fábrica de los equipos en sus diferentes fases de fabricación; en otros casos este trabajo está a cargo de personal especializado adscrito a otras partes de la organización.

Operación o Producción. El personal de esta área es el encargado del manejo de los sistemas productivos para la obtención de bienes o servicios. Su función es la de que los sistemas operen eficientemente dentro de las especificaciones y tolerancias y que a su vez los servicios o productos se generen dentro de sus

propias tolerancias y especificaciones.

Mantenimiento o Conservación. La responsabilidad del grupo que desarrolla esta función es la de garantizar que las máquinas, edificios y servicios de una unidad productiva se encuentren permanentemente en condiciones normales de funcionamiento y disponibilidad.

Como se verá más adelante, el área de trabajo del grupo de mantenimiento varía bastante entre diferentes organizaciones y empresas, ya que este grupo ejerce en muchas ocasiones funciones de diseño y proyecto, de construcción y montaje, de operación de los servicios generales de la planta industrial (Energía eléctrica, vapor, aire comprimido, etc.) y funciones de control de la vigilancia y seguridad de las instalaciones, entre otras.

Por otra parte, en algunas empresas, ciertos trabajos de conservación lo realizan otros departamentos diferentes al de mantenimiento, así, por ejemplo, en ciertas fábricas el mantenimiento de edificios lo lleva a cabo el Departamento Administrativo y los trabajos de mantenimiento pesado de las instalaciones que requieren numeroso personal y equipo especial, los realiza el organismo de construcción.

EL INGENIERO INDUSTRIAL EN LA EMPRESA.

Siendo éste un curso en que se analizan temas de Ingeniería Industrial es conveniente comentar cuál es el papel de los ingenieros industriales en las diferentes actividades de la ingeniería que se acaban de comentar en forma general.

En lo que se refiere a la industria y los servicios, en las actividades fundamentales antes expuestas participan principalmente ingenieros mecánicos, electricistas y químicos y en el caso del diseño, proyecto y construcción de las instalaciones, ingenieros civiles y arquitectos, además de los anteriores.

Los ingenieros industriales participan junto con cualquiera de los grupos de profesionales citados, diferenciándose su actividad de la de los primeros, en que mientras aquellos tienen a su cargo fundamentalmente los aspectos tecnológico de estructuras, edificios, máquinas y dispositivos, éstos analizan las máquinas y los procesos esencialmente como cajas negras, con variables de entrada y salida conocidas o por conocer dentro de tolerancias establecidas y con una función de producción y su papel es el de integrar las materias primas, las máquinas, los sistemas de transporte y movimiento de materiales, los dispositivos e instalaciones auxiliares, los operarios, los supervisores, los productos terminados y las funciones administrativas; teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos, financieros, humanos, sociales, comerciales, las políticas generales de la empresa y los intangibles, para lograr la máxima productividad social de la empresa.

MANTENIMIENTO DE LA FABRICA

A lo largo de esta exposición utilizaremos indistintamente los términos: Mantenimiento y Conservación, ya que la actividad objeto de este curso recibe cualquiera de estos dos nombres en los diferentes libros especializados de la materia y que además, en diversas empresas y organizaciones de México se utiliza indistintamente uno de los nombres citados, para definir a la actividad en cuestión.

El objetivo inmediato del mantenimiento es la conservación del servicio prestado y no del equipo o instalación que sólo es el medio para la consecución de tal fin.

Los objetivos básicos del mantenimiento pueden ser analizados de dos puntos de vista diferentes:

- 1.- Desde el de una planeación integral eficiente, se debe

pensar en la minimización del costo total del servicio, el cual es la suma de los tres costos siguientes:

- + Costo de la inversión inicial y de la depreciación.
- + Costo del mantenimiento.
- + Costo de la falta del producto o servicio.

2.- Desde el punto de vista operativo:

- + Costo de la falta de servicio.
- + Costo del mantenimiento.
- + Costo del aumento del consumo de energía, debido a la disminución del rendimiento del equipo, o a la falta de parte del equipo.

Este último factor adquiere gran relevancia con respecto a los precedentes cuando el equipo alcanza grandes proporciones, ya que la disminución de una fracción de su rendimiento original se traduce en la pérdida de una considerable cantidad de energía útil, como ocurre, por ejemplo, en el caso de una caldera.

Mantenimiento Correctivo.

Es el que se aplica para recuperar el servicio que ya ha sido perdido, en parte o en la totalidad de la instalación. Consiste en corregir las deficiencias de la instalación cuando éstas se han hecho críticas.

Cuando aún se desconocían los beneficios de las técnicas de programación de los trabajos de mantenimiento, se permitía que un dispositivo o equipo funcionara hasta su falla total y entonces justificar su reparación. Sin embargo, la aplicación de esta forma de mantenimiento provoca incertidumbre en cuanto a las causas que provocaron la interrupción del servicio. No se sabe exactamente si la falla se presentó por aban-

dono del equipo, por negligencia, por ineptitud o por la calidad de los materiales del diseño o de la fabricación.

Como única solución a la necesidad de mantenimiento, esta forma de proporcionarlo acrecenta la probabilidad de fallas o accidentes inesperados que ocasionan trabajos urgentes de mantenimiento, con su secuela de altos costos de materiales y labor, ya que hay que realizarlos a cualquier costo.

Generalmente en toda instalación, la falla de un equipo afecta a otros que dependen o se relacionan con éste. Así pues, resulta obvio que desde los puntos de vista técnico y económico se debe restringir la práctica de este tipo de mantenimiento. Su uso deberá dejarse únicamente para situaciones de emergencia.

Mantenimiento Preventivo.

Consiste en una serie de actividades que en forma periódica se practican sobre un equipo o instalación, evitando así interrumpir el servicio que prestan.

El criterio para establecer la periodicidad de estos trabajos está basado en las instrucciones que proporcionan los fabricantes, en las estadísticas de reparaciones anteriores y en las recomendaciones que hacen los técnicos especializados en el mantenimiento.. No obstante, la práctica del Mantenimiento Preventivo se apoya fundamentalmente en una adecuada programación de inspecciones, para que así sea detectada cualquier desviación con respecto a la operación normal del equipo.

Esta forma de dar mantenimiento principia desde el momento en que el operador del equipo revisa los aspectos operativos más elementales, como son por ejemplo: las temperaturas, los niveles de aceite, las vibraciones, ruidos extraños, etc.

Cuando los síntomas presentados indican la existencia de un problema serio, el mantenimiento se debe encargar a una organización especializada en estos trabajos, la cual debe utilizar habilidades personales de una serie de elementos que conjuguen adecuadamente los conocimientos empíricos y técnicos de la manera de dar este servicio. Una organización eficiente sabe diagnosticar la causa de una falla probable, conoce la vida media de los componentes en una instalación y además sabe detectar los puntos débiles de los equipos.

En la práctica, el Mantenimiento Preventivo se subdivide en tres tipos:

- + Mantenimiento Preventivo de Rutina.
- + Mantenimiento Preventivo Menor.
- + Mantenimiento Preventivo Mayor.

El Mantenimiento Preventivo de Rutina consiste en una serie de actividades con períodos cortos que son efectuadas sobre partes vitales de un equipo o instalación. Generalmente estas actividades son llevadas a cabo por el personal encargado de la operación de las instalaciones.

El Mantenimiento Preventivo Menor tiene por objeto hacer correcciones menores o urgentes, pero sin que lleguen a ser vitales para el equipo. Incluye los trabajos programados para ser efectuados sobre el equipo de repuesto o respaldo, para lo cual el servicio es mantenido constante. La aplicación de este mantenimiento requiere personal que tenga cierta experiencia.

El Mantenimiento Preventivo Mayor es efectuado por personal especializado, el cual lleva a cabo correcciones mayores que son vitalmente necesarias para evitar un accidente a falla repentina, de consecuencias mayores. Para su programación se consideran licencias interruptivas del servicio, relativamente grandes.

Aún cuando el efecto inmediato de la implantación de un mantenimiento preventivo se refleja en una elevación de los costos de operación, su efecto a largo plazo es el de abatir tales costos. El Mantenimiento Preventivo es más económico que el Correctivo, en la misma medida en que se le programe correctamente.

Dentro de las ventajas que el Mantenimiento Preventivo tiene sobre el Correctivo, sobresalen las siguientes:

+ Al atacar un problema antes de que alcance mayores proporciones se disminuye el costo de las reparaciones.

+ El grado de confiabilidad en la prestación del servicio se ve aumentado.

+ Se prolonga la vida útil del equipo.

+ Hay aumento de la productividad al abatir tiempos muertos en la producción.

Mantenimiento Predictivo.

El mantenimiento Predictivo es la forma perfeccionada del Mantenimiento Preventivo. Para poder detectar las alteraciones en el funcionamiento de un equipo, se auxilia de pruebas de comportamiento en operación hechas por medio de instrumentos de diagnósticos especializados.

El Mantenimiento Predictivo, también llamado de Diagnóstico o Sintomático, tuvo su origen en el empirismo de las personas encargadas durante muchos años del mantenimiento. Un mecánico experimentado puede detectar una posible falla con sólo escuchar el ruido que en determinado momento produce una máquina; o al tocar una chumacera para estimar su temperatura o su nivel de vibración, sabe en qué condiciones se halla un co-ple.

Con la incorporación de instrumentos apropiados se puede llegar a diagnósticos que proporcionen información más real y completa para la programación de los trabajos de mantenimiento.

Además de las ventajas del Mantenimiento Preventivo, el Predictivo agrega las siguientes:

- + Prolonga el período de confiabilidad de las partes integrantes de un equipo al contar con instrumentos sensores que registran el comportamiento operativo de éstas.

- + Detecta deficiencias o desatenciones del operario para el dispositivo o equipo.

- + Determina un menor inventario de refacciones al aumentar la precisión de los requerimientos de éstas.

- + Produce cargas de trabajo uniformes para el personal de mantenimiento.

De lo expuesto resulta evidente que antes de implantar un sistema a base de Mantenimiento Predictivo, es necesario tener la experiencia que da la práctica del Mantenimiento Preventivo. De otra forma, la adquisición de instrumentos de diagnóstico no se justificarían económicamente, ya que se estaría aplicando esta técnica a equipos que posiblemente deberían haber tenido un mantenimiento general hace tiempo.

OBJETIVOS DEL ORGANISMO DE MANTENIMIENTO

El objetivo fundamental de la organización de mantenimiento es conservar en buen estado y garantizar el funcionamiento adecuado de las instalaciones a su cargo, dentro de especificaciones, que permitan la permanente y efectiva operación de las mismas.

Los factores fundamentales que afectan las responsabilidades y el alcance del organismo de mantenimiento son:

- + Tamaño de la planta.
- + Tamaño de la empresa que posee varias plantas
- + Políticas de la empresa

En las fábricas pequeñas las actividades de conservación se combinan con el trabajo de otros departamentos, como el de ingeniería o el de producción o con la ingeniería de fábrica. En las fábricas grandes se organiza este trabajo independientemente con un jefe que reporta directamente con el director o superintendente de la fábrica. En empresas importantes con una casa matriz y varias filiales puede darse el caso de que exista un organismo central de mantenimiento que se encargue de la coordinación general de esta actividad y de la operación de los talleres especializados que dan servicio general a todas las fábricas para ciertas actividades, existiendo, generalmente, una organización local de mantenimiento en cada fábrica, cuyo alcance está adecuadamente definido.

En el análisis del alcance y las responsabilidades del o de los organismos de mantenimiento, la ingeniería industrial es de gran utilidad, ya que sus técnicas permiten optimizar la función de mantenimiento, dentro de un contexto de optimización global de la unidad productiva.

Al principio de esta exposición hemos analizado las diferentes áreas que tiene la actividad de la ingeniería. En una forma u otra estas actividades se realizan en la empresa, pudiendo llevarse a cabo, dependiendo de la complejidad y el tamaño de la misma, por un solo hombre o por una compleja organización de ingeniería, formada por un conjunto importante de especialistas y técnicos.

En cada empresa deben definirse claramente los límites de las responsabilidades y el alcance del organismo de mantenimiento, especialmente en relación con los organismos administrativos, de construcción, de producción, de ingeniería y de contratistas externos.

Como se muestra en la figura 1, los organismos citados forman conjuntos que tienen intersecciones, ya que hay ciertas actividades que pueden ser realizadas indistintamente por uno u otro, dependiendo de sus estructuras, y de la política concreta de la empresa al respecto.

Para entender mejor los conceptos anteriores citaremos algunas de las actividades que se encuentran en la frontera del área de influencia del organismo de mantenimiento y los demás:

- + Conservación de edificios de oficinas y almacenes.
- + Mantenimiento del equipo de transporte.
- + Mantenimiento pesados, reconstrucciones y reemplazos.
- + Administración de seguros.
- + Nuevas instalaciones (proyectos y construcciones).
- + Diseño y fabricación de nuevas máquinas y dispositivos.
- + Protección de la planta, incluyendo incendios.
- + Recepción y puesta en marcha inicial de nuevas instalaciones.
- + Operación de las unidades de servicio (Agua, vapor, aire, drenajes, energía eléctrica, etc.).

La decisión de quien deberá tener a su cargo cada uno de los trabajos anteriores deberá tomarse de acuerdo con los intereses generales de la empresa y de acuerdo con las políticas que se hayan fijado para el desarrollo futuro de la misma, en general, y de cada uno de los organismos que la forman, en particular.

En esta decisión también intervienen, en la práctica, indudablemente, las respectivas capacidades y características de cada uno de los organismos citados y muchas veces los conocimientos y experiencia del personal técnico y obrero que los forman.

RESPONSABILIDADES BASICAS DEL ORGANISMO DE MANTENIMIENTO.

Cualquiera que sea el alcance de un grupo de mantenimiento existen responsabilidades básicas que lo caracterizan, éstas son:

- + Garantizar mediante el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo que no haya paros en el equipo de producción.
- + Mantener las instalaciones en condiciones de seguridad.
- + Conservar el equipo en su máxima eficiencia.
- + Reducir al mínimo el tiempo de paros del equipo y de las instalaciones.
- + Reducir al mínimo el costo de la actividad de mantenimiento.
- + Mantener un alto nivel técnico en las actividades.
- + Actualizar permanentemente al personal de mantenimiento.

En una forma más detallada los requerimientos de un organismo de mantenimiento son los siguientes:

- + Tener un grupo de ingenieros, técnicos y operarios debidamente entrenado y organizado.
- + Planear debidamente el mantenimiento predictivo preventivo y correctivo.
- + Estar en condiciones de atender en cualquier momento eficientemente un mantenimiento de emergencia.

+ Establecer un sistema adecuado de estadísticas de fallas, reparaciones, historia de las máquinas y los costos correspondientes.

+ Tener un archivo completo de planos e instructivos.

+ Disponer en forma organizada de herramientas y partes (Almacenes, bodegas) y una lista completa de proveedores de herramientas, materiales y equipo.

+ Llevar a cabo una investigación continua de las causas de paros y accidentes y sus remedios.

+ Mantenerse informado acerca de las prácticas en la industria de los avances técnicos, nuevos métodos, equipos y materiales.

+ Tener un contacto permanente y vivo del personal de mantenimiento con el personal de:

Ingeniería

Producción

Ingeniería Industrial

Construcción

Compras y almacenes

Proveedores de equipo, materiales y herramientas.

+ Organizar y desarrollar programas para el entrenamiento del personal a todos los niveles.

+ Tener un sistema organizado y ágil de información a la superioridad.

De los conceptos anteriores se puede concluir que el personal de mantenimiento debe:

- Planear debidamente su actividad.

- Tener un buen sistema de información

- Estar permanentemente actualizado

- Estar debidamente relacionado con los demás departamentos de la empresa

- Informar oportuna y eficazmente a la superioridad del trabajo realizado y de sus costos.

Por otra parte, para cumplir adecuadamente con su cometido el área de mantenimiento debe de realizar sus trabajos:

- + De acuerdo con los programas de producción, para no interrumpir la actividad productiva de la empresa.
- + En forma económica.
- + Con seguridad.
- + Con un alto nivel técnico.

ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

Al establecer el departamento de conservación de una empresa se debe recordar que no hay una organización óptima que pueda ser usada en todos los casos. La organización debe diseñarse para satisfacer las situaciones específicas técnicas, geográficas y de personal.

Las características de la organización de mantenimiento dependerán de:

- + El tipo de operación de la empresa y de su evolución en el tiempo. O sea que cuando se piense en una evolución a mediano y largo plazo de la empresa, es necesario tenerlo en cuenta desde ahora, en la estructura del organismo de mantenimiento.

- + La continuidad de las operaciones que se tenga. (Uno o varios turnos).

- + La situación geográfica.
- + El tamaño de la planta.
- + Los alcances de la labor de mantenimiento.
- + La existencia de otras plantas similares de la misma empresa.
- + La disponibilidad de personal capacitado.

El buen funcionamiento de un Departamento de Mantenimiento requiere de una planificación en los siguientes aspectos:

- + Llevar a cabo un inventario de los equipos e instalaciones.

- + Efectuar un inventario de los recursos disponibles para dar el mantenimiento.

- + Describir y programar las actividades por realizar de acuerdo con la disponibilidad de recursos.

+ Controlar la programación de los avances en las actividades con respecto a lo planeado.

Como primera medida se deberá recabar toda la información posible referente a los equipos e instalaciones con que se cuenta, a fin de conocer las características más sobresalientes de su operación, como, por ejemplo, temperaturas normales en chumaceras, presiones, tipos de refrigerantes, etc.

El inventario tiene la finalidad de consignar los datos más importantes de los equipos a los que deberá atender en cuanto a su mantenimiento. Una vez terminado este inventario se estará en condiciones de solicitar a los fabricantes o bien a sus representantes toda la información relacionada con el equipo como son los catálogos de partes, manuales de operación y mantenimiento, etc.

Los datos así obtenidos serán vertidos en las formas de inventarios, en las tarjetas de mantenimiento y en los correspondientes programas de computadora; posteriormente esta información servirá de base a la programación y al control del mantenimiento.

Es recomendable que quienes levanten los inventarios sean los mismos encargados de dar el mantenimiento, en consideración a la importancia que reviste el hecho de transcribir la información de los equipos con toda precisión y además por una actividad que se realiza una sola vez.

Es necesario también efectuar un inventario de los recursos con los cuales se efectuarán los trabajos de mantenimiento. Con esta información se estará en condiciones de determinar qué equipos deberán enviarse a un servicio externo por no contarse con los recursos apropiados, así como también establecer la programación más conveniente para los equipos que recibirán el servicio en el departamento propio.

Como tercer punto se deberá establecer una secuencia lógica de las actividades por realizar, así como la descripción de cada una de ellas. La programación tiene como objetivo principal establecer una distribución óptima de la disponibilidad de recursos, tiempo, espacio y economía, en las diversas actividades que constituyen el mantenimiento.

Con respecto al control éste se logra al programar adecuadamente la duración y la secuencia de los trabajos de mantenimiento en cada uno de los equipos. Al proceder a dar el servicio, el control se lleva a cabo mediante la inspección de las labores para que éstas avancen de acuerdo a lo previamente estipulado. En caso contrario se irá ajustando la duración de las actividades posteriormente de acuerdo a las desviaciones de programa sufridas, para así cumplir en lo mejor posible con el tiempo programado.

Hay que ir sustituyendo prácticas de mantenimiento tradicionales por prácticas modernas. Los encargados del mantenimiento deben estar en contacto con las nuevas tendencias en el campo.

Resulta de gran interés anotar otros factores importantes que contribuyen al mejoramiento de la organización:

- + Actualización constante de los registros de las inspecciones realizadas.
- + Establecimiento de programas de capacitación para el personal.
- + Detección y registro de los puntos débiles de los equipos, para brindarles la protección necesaria.
- + Realización de programas de mantenimiento basados en la minimización de los costos.

Para poder cumplir con todos los objetivos señalados en párrafos anteriores, con un costo razonable, es esencial tener una buena organización del departamento de mantenimiento.

En una fábrica nueva, una vez que se ha terminado la

construcción, existe un período durante el cual el trabajo de conservación se limita a cuestiones rutinarias de menor importancia y a diversos ajustes. En esta época inicial de la niñez de las máquinas y de las instalaciones existen muchas veces problemas grandes de coordinación del funcionamiento de las diferentes partes, presentándose enfermedades infantiles de las mismas máquinas, surgiendo errores de diseño y otras condiciones anormales, muchas veces producidas por la falta de experiencia del personal de producción.

Los problemas anteriores, sin embargo, no son generalmente resueltos por el personal de mantenimiento que se dedica más bien a trabajos de recepción de equipos, a la recopilación de planos e instructivos de los fabricantes y de las organizaciones de ingeniería y construcción que a su vez le proporcionan la información de las pruebas realizadas en la fábrica y en el campo, en relación con los problemas y ajustes de montaje y de funcionamiento inicial. También el personal de mantenimiento en esta época se dedica a conocer al detalle los equipos e instalaciones, a preparar listas de partes de repuesto, a crear los almacenes y bodegas de refacciones y herramientas especiales, a entrenar a su personal, etc.

Hasta que la planta está en marcha normalmente, los problemas de funcionamiento son resueltos principalmente por el personal de ingeniería y de construcción y por los montadores que representan a las fábricas que han vendido el equipo.

En lo que se refiere al mantenimiento mismo este será menor en el período inicial de puesta en marcha de la fábrica. Por otra parte, a menos que el personal de conservación cuente con una experiencia anterior sobre una producción análoga, no habrá probablemente un plan claro para realizar el trabajo de conservación y existirá cierta tendencia a resolver los problemas de conservación a medida que se presenten. Después de haber seguido este procedimiento por algún tiempo la variedad de los trabajos diarios que hay que realizar darán la impresión

de que es imposible plantearlos y normalizarlos.

Sin embargo, si se quiere tener éxito en el trabajo de conservación debe planearse el trabajo oportuna y adecuadamente, sin olvidar que no es normalmente posible imponer desde el principio a cada fábrica un sistema determinado al detalle, porque el desarrollo de los métodos es un proceso gradual que hay que adaptar a las necesidades particulares de cada caso. Sin embargo, a pesar de los detalles, pueden formularse algunos principios generales relacionados con:

- + El control del personal encargado del mantenimiento.
- + La planeación a mediano y largo plazo.
- + El despacho diario de las órdenes de trabajo.
- + La formulación de Manuales de Mantenimiento.
- + El almacenamiento de las piezas de repuesto y de las herramientas y equipo necesarios para las reparaciones.
- + Los registros de mantenimiento.
- + El establecimiento de un sistema de control de costos.
- + Los formatos normalizados para los informes periódicos y especiales a la superioridad y a otros departamentos.

Control del personal de Mantenimiento.

No hay reglas fijas para la relación exacta entre la magnitud de la fuerza de mantenimiento y la organización necesaria para administrarla adecuadamente. Esta relación puede afectarse en forma sensible por diversos factores, pero, en general, cuanto más pequeña sea la planta, mayor será el costo de supervisión que se requiere para un mantenimiento adecuado.

En lo que se refiere al control general del departamento de mantenimiento dentro de la empresa, hay diferentes puntos de vista acerca de a quien debe reportar el superinten

dente de mantenimiento. Sin embargo como criterio general aceptable podemos indicar que debe reportar a un nivel que tenga autoridad sobre la mayor parte de los grupos a los que da servicio el área de mantenimiento. Este puede ser el Gerente de la planta, el Superintendente de Producción o el Gerente de Producción, dependiendo de la estructura de la em pre sa.

En la figura # 2 mostramos un organigrama general de la superintendencia de mantenimiento de una industria. Debe entenderse que el organigrama que se emplee para un caso particular puede variar con respecto al indicado, dependiendo de los factores que ya hemos citado en párrafos anteriores, añadiéndole o quitándole partes según sea necesario y conveniente.

Por otra parte debe destacarse que hay tanta varia ción en los títulos de los puestos que se citan en el organi grama, como organizaciones existentes. Sin embargo al hacer el diseño de los puestos de un nuevo organismo de mantenimien to debe tenerse especial cuidado en que el título que se asig na a un determinado puesto corresponda con el asignado a un puesto similar en otros departamentos de la empresa. Es decir, a trabajo igual salario igual, pero también título igual.

Al determinar el número de personas, tanto ingenie ros, como supervi sores y trabajadores, adecuado para cubrir el mantenimiento de una planta, se deben considerar muchos factores. Cada planta debe tratarse como un problema separa do, considerando todos sus aspectos específicos.

Con mucha frecuencia se considera la relación del personal de mantenimiento al personal de producción como una medida de la adecuación y eficiencia relativas del departamento. La consideración de ambos extremos en plantas tipo indica la falacia de esta consideración. Una planta moderna,

ORGANIGRAMA GENERAL

SUPERINTENDENTE
DE
MANTENIMIENTO

SECCION ADMINISTRATIVA

SECCION DE PLANEACION
Y CONTROL

ENERGIA

MANTENIMIENTO
AREAS FABRICA

CONTROL MATERIALES
EQUIPO Y MANTENIMIENTO

TALLERES

OPERACION LABORATORIO

S O B R E S T A N T E S

SERVICIOS

MANTENIMIENTO

1

2

3

4

CUADRILLAS

INSTALACIONES
SANITARIAS

AGUA

CONTRA INCENDIO

VIGILANCIA

OPERADORES
MAQUINAS
HERRAMIENTAS

APARATISTAS

TUBEROS

PALLEROS

SOLDADORES

ALBAÑILES

ELECTRICISTAS

CARPINTEROS

PINTORES

automatizada, con el máximo de instrumentación y control, donde una cantidad mínima de personal de producción controla una gran inversión en equipo complejo, puede requerir una fuerza de mantenimiento que sea varias veces el tamaño del grupo de producción. Por otra parte, una planta que emplee una gran cantidad de personas en labores manuales, con un mínimo de maquinaria, puede funcionar con una fuerza de mantenimiento que sea sólo una pequeña fracción del personal de producción.

Se puede afirmar, sin embargo, que la relación entre el personal de mantenimiento y el de producción varía directamente con la maquinaria y la inversión de equipo por empleado de operación.

Al hacer un análisis de este tipo en una industria concreta debe tenerse especial cuidado al hacer las estimaciones, por la gran variación existente en los procedimientos contables y en los gastos que se incluyen como gastos de mantenimiento.

+ Supervisión. La cantidad de trabajadores por supervisor o "densidad de supervisión", en una medida generalmente aceptada para determinar la cantidad de supervisores de primera línea que se necesitan para manejar adecuadamente una fuerza de trabajo. Aunque algunas veces se encuentran densidades tan bajas como 8 y tan altas como 25, la norma parece encontrarse entre 12 y 14. Hay una relación más alta cuando un grupo grande de trabajadores altamente adiestrados en una técnica ejecutan un trabajo rutinario. Por otra parte, si el trabajo requiere supervisión estrecha o está geográficamente disperso, es más común una relación más pequeña.

En cualquier caso, la densidad de la supervisión deberá ser tal que el sobrestante no esté sobrecargado con la supervisión rutinaria, a costa del tiempo necesario para pla-

near la mayoría de su trabajo, el adiestramiento de sus trabajadores y los contactos personales necesario que producen un buen ambiente de trabajo.

La planeación a mediano y largo plazo. La planeación y programación del trabajo es una de las herramientas más efectivas que pueden usarse en el mejoramiento de la eficiencia de cualquier departamento de mantenimiento. La forma de programar puede variar desde planear lo que va a asignar un sobrestante a sus operarios en un día de trabajo, hasta una planeación a largo plazo del desarrollo del mismo departamento de mantenimiento, con objetivos, metas y presupuestos.

En general, debe considerarse que debe haber tanta planeación como sea necesaria para mejorar la eficiencia total, hasta que el sistema de costos arroje resultados mejores que el costo de operar sin ella.

A medida que aumenta el tamaño de la organización de mantenimiento se incrementa el grado hasta el cual se puede formalizar la planeación de trabajo y la cantidad de tiempo que se debe dedicar a esta actividad.

Los encargados de la administración del mantenimiento deben realizar la planeación en tres niveles básicos. El primero cubre la planeación a largo plazo de los requerimientos de mantenimiento que se encuentran lógicamente relacionados con los planes a largo plazo de desarrollo de las ventas y la producción. Este tipo de planeación se realiza normalmente en las organizaciones de tamaño grande por el grupo asesor de planeación que preparan los planes de desarrollo de la empresa en su conjunto. En grandes organizaciones existen gerencias o subgerencias de planeación que se dedican a esta labor. El personal de planeación, trabajando con los directivos de línea de las áreas de operación, establece que decisiones deben tomarse el día de hoy para alcanzar las metas dentro de cinco a diez años. Este per-

sonal reporta generalmente a los más altos niveles de la empresa, es decir, al presidente, vicepresidente, director o subdirector, según el caso.

Los planes establecidos en la forma indicada se proyectan a través de los gerentes de área y los que afectan a la manufactura influyen, a su vez en la planeación que realiza el gerente de la planta y los superintendentes de producción, control de calidad y otros. Es decir que aunque la planeación a largo plazo se realiza a un alto nivel, sus efectos repercuten a todos los niveles dentro de la empresa.

Es posible que en pequeñas empresas u organismos no haya un grupo específico de planeación. En su lugar este trabajo lo realizan una o dos personas, trabajando directamente con el personal asesor y el de línea.

El segundo nivel de planeación, a corto y mediano plazo, incluye intervalos de uno a dos años y se lleva a cabo por parte de los gerentes de cada una de las actividades de la empresa. El plan y presupuesto anual de mantenimiento corresponden a este nivel.

El tercer nivel es propiamente de programación de las actividades inmediatas semanales, mensuales y lo deben de realizar los ingenieros de mantenimiento junto con los sobrestantes que finalmente programan el trabajo diario de cada cuadrilla.

Los tres niveles de planeación tienen poco en común, excepto que todos caben en la definición de planeación y que todos son necesarios para cumplir los objetivos de las empresas.

Para los ingenieros de mantenimiento que realizan la planeación en cualquiera de sus niveles son muy útiles los conceptos que fueron introducidos por el Dr. Ackoff en su libro: "A Concept of Corporate Planning" y que son comúnmente utilizados cuando se hace un enfoque de ingeniería industrial para la

solución de un problema determinado. El Dr. Ackoff indica que existen tres formas principales de planeación:

- + Planeación resolutoria.
- + Planeación optimizada.
- + Planeación adaptativa.

En la planeación resolutoria nos limitamos a tomar las medidas para que un determinado problema quede resuelto, corrigiendo el mal funcionamiento de alguna de las partes del sistema en que tal problema surge.

En la planeación optimizada no nos limitamos a resolver el problema sino que buscamos sea resuelto en la forma óptima o más cercana a la óptima, dentro de los recursos de que disponemos, utilizando para ello las técnicas de la ingeniería de sistemas y de la investigación de operaciones.

En la planeación adaptativa no nos conformamos con resolver el problema en forma directa o a optimizar la solución, sino que buscamos nuevos planteamientos del mismo, es decir, cambiamos las características del problema, lo que nos permite enriquecer el número de posibles soluciones y encontrar una solución más adecuada, al tener en cuenta nuevos recursos que no habían sido previstos en los otros planteamientos. La aplicación de la planeación adaptativa requiere un mejor conocimiento de los verdaderos objetivos y metas que perseguimos.

+ Planeación a mediano y largo plazo. El propósito principal en la planeación a mediano y largo plazo es mantener al día los objetivos, políticas y procedimientos del departamento de mantenimiento. Esto requiere un buen conocimiento de los pronósticos de ventas y producción y tener en cuenta todos los factores considerados en la planeación a largo plazo, incluyendo especialmente la ampliación de los sistemas productivos. Adicionalmente hay que saber estimar dos as

pectos que son fundamentales para la buena marcha de la conservación:

1) Qué cambios es necesario efectuar en el equipo y en las instalaciones para su mantenimiento.

2) Qué cambios se preveen en el equipo de producción, debidos a obsolescencia, aumento en la mecanización, automatización, mayor velocidad de operación de las máquinas y otros desarrollos tecnológicos.

En lo que se refiere al departamento de mantenimiento propiamente dicho conviene preveer con diez hasta quince años de anticipación las necesidades de equipo de mantenimiento, espacio y localización del mismo; necesidades de personal, de organización y de actitud ante las nuevas tecnológicas.

En la planeación del futuro es especialmente importante tener en cuenta la necesidad de personal entrenado, no solamente para las tecnologías que se utilizan en el presente, sino para las nuevas tecnologías que se preveen en el futuro, especialmente en la rama de la electrónica, el control, la automatización y el procesamiento de información, así como en muchos nuevos aspectos de la ingeniería química, eléctrica y mecánica.

Encontrar personal entrenado, para las actividades citadas no es fácil, especialmente en México donde el desarrollo de la industria absorbe fácilmente al personal entrenado y especializado. Debe planearse, por lo tanto, el entrenamiento de aprendices y establecerse un programa permanente de entrenamiento en nuevas técnicas para el personal existente, arraigado en la empresa, ya que difícilmente se podrán traer de la calle trabajadores especializados.

Otro aspecto fundamental que se plantea en una forma paralela a! anterior es el de la capacitación y selección

del futuro personal de supervisión e ingeniería de mantenimiento, ya que las perspectivas de una operación más técnica y compleja harán difícil que este tipo de personal se pueda obtener normalmente del personal obrero. En la planeación a largo plazo deberá establecerse cuánto personal de supervisión se necesitará año con año, teniendo en cuenta las jubilaciones y la pérdida de personal que se va a otras empresas. Es indudable, por otra parte, que con las tendencias actuales del desarrollo tecnológico deberá preverse un mayor número de ingenieros por trabajador en el futuro.

Para ayudar a una solución práctica y conveniente de este problema es muy importante el establecimiento de un buen programa de relación Escuela-Industria en que la preparación de los estudiantes de las diferentes especialidades se haga en un esfuerzo combinado de las escuelas de ingeniería y las empresas, para que los estudiantes al terminar sus carreras tengan ya un entrenamiento práctico en la realidad industrial y los industriales tomen por su contacto con escuelas y estudiantes una mayor confianza en la capacidad de éstos para resolver sus problemas, cuando entren a la actividad profesional.

Planeación a corto plazo. El lazo de unión entre la planeación a largo plazo y la programación del trabajo semanal y diario es la planeación a corto plazo que normalmente tiene una duración de un año y está generalmente relacionada con el presupuesto anual.

Existen tres fases típicas de esta clase de planeación: Instalación de nuevo equipo, trabajo de mantenimiento cíclico y mantenimiento predictivo y preventivo.

Instalación de nuevo equipo. En las empresas en que no existe un crecimiento permanente y continuo, no existe normalmente un Departamento de Construcción y las nuevas instalaciones las lleva a cabo el Departamento de Mantenimiento.

Las principales ventajas de los sistemas de tiempos predeterminados en relación al Estudio de Tiempos son:

- El S.T.P. proporciona una técnica sistemática para el estudio de métodos porque al llevar a cabo el estudio, debe realizarse primero un diagrama bimanual de la operación. Al hacer esto, los métodos de la operación son realmente desafiados y entonces puede instaurarse cualquier mejora antes de haber determinado el tiempo estándar de la operación.
- Dado que los tiempos básicos o normales para cualquier operación, dentro o fuera de la empresa, salen de las mismas tablas (en caso de que se utilice un sistema en particular), entonces los tiempos estándares estarán basados en tiempos consistentes y podrán ser reproducidos a cualquier hora por cualquier individuo (en caso de que aplique el sistema correctamente).
- El factor de valoración es inherente al sistema y no es la valoración de un sólo hombre sino de varios. El especialista ya no tiene que valorar, y por lo tanto, la mayoría de los problemas relacionados con la valoración se eliminan.
- Los tiempos se basan en grandes muestras por lo que son más confiables.
- Ciclos de trabajo extremadamente cortos son fácilmente medibles por medio de los S.T.P.; de hecho, entre más corto sea el ciclo más fácil es la medición.
- El hecho de que los factores de valoración no estén basados en la subjetividad de un sólo hombre, hace que este sistema sea más aceptable para el trabajador, los sindicatos y la administración.
- Los sistemas pueden utilizarse para establecer datos estándar y tiempos estándares antes de que la operación empiece a ser realizada.
- Los problemas creados por la presencia del especialista y su cronómetro en el taller, quedan totalmente eliminados.

Por otro lado, los S.T.P. no son fáciles de aplicar. El número de therbligs, aún para el trabajo más sencillo, es muy grande y, por lo tanto, la aplicación de dichos sistemas toma mucho tiempo y consecuentemente es cara. La duración promedio de un movimiento fundamental es de 0.005 min.. Un ciclo de trabajo que tome en efecto un minuto se dividirá, aproximadamente, en 200 movimientos fundamentales, cada uno de los cuales está definido por aproximadamente cinco variables. Así, se necesitarán cerca de 1000 datos para poder fijar el tiempo estándar de una operación que dure un minuto. El tiempo necesario para llevar a cabo el análisis para la operación, dura entre 200 y 300 minutos.

En este caso al realizar la planeación del trabajo, junto con el diseño y proyecto de las nuevas instalaciones el personal de mantenimiento debe hacer un análisis completo del trabajo a realizar y de las condiciones en que se encuentran las instalaciones, así como de las modificaciones que deben llevarse a cabo en las mismas.

Los aspectos fundamentales que deben tenerse en cuenta son los siguientes:

1. Disponibilidad de equipo de construcción y de maniobras, ya sea comprado o alquilado.
2. Requerimientos del nuevo equipo en lo que se refiere a cimentaciones, localización, equipos auxiliares, servicios suficientes de energía eléctrica, aire, vapor, etc.
3. Previsión de interferencias posibles con el equipo e instalaciones actuales y su solución.
4. Disponibilidad de cuadrillas suficientes, de acuerdo con programa. Análisis de la necesidad de varios turnos o tiempo extra.
5. Disponibilidad de herramientas y equipos de montaje .
6. Posibilidad de subcontratar parte o la totalidad del trabajo.
7. Conveniencia de contratar más personal para mantenimiento, para suplir el utilizado en el montaje de las nuevas instalaciones.
8. Necesidad de entrenamiento especial del personal para el mantenimiento futuro de las nuevas instalaciones.
9. Adquisición de partes de repuesto para las nuevas unidades.
10. Coordinación de las obras con el Departamento de Producción para minimizar las interrupciones al proceso productivo.

Cuando la instalación de nuevo equipo en una fábrica es de una magnitud menor, esto no representa un problema particular para el personal de mantenimiento que está ya entrenado para los trabajos de conservación, en los cuales, desmonta, re

para, vuelve a montar, prueba y pone a trabajar equipos complejos.

Sin embargo, cuando la instalación del nuevo equipo corresponde a una ampliación importante de la empresa, las perspectivas del trabajo cambian completamente. No debe olvidarse que la actividad de construcción y montaje, civil y electromecánico es una especialidad con características muy diferentes a las del trabajo de mantenimiento.

En cualquier actividad, el ingeniero que tiene a su cargo un trabajo concreto está gobernado por las tres variables fundamentales: Calidad, Tiempo y Costo. Como el personal de mantenimiento tiene que trabajar siempre en coordinación con el de producción, con el fin de no interrumpir el proceso productivo, está obligado a respetar como fundamental la variable tiempo, aunque a veces tenga que sacrificar algunos aspectos de calidad, por tener que hacer instalaciones y ajustes provisionales, para terminar a tiempo y a incurrir en mayores costos, ya que la presión del trabajo le impiden la organización mejor que haría dicho costo menor.

Las condiciones generales del trabajo de construcción hacen posible y obligatorio que este trabajo se organice buscando la optimización de las variables de Calidad, Tiempo y Costo y procurando que las obras se realicen para que operen satisfactoriamente por muy largo tiempo, sin problemas excesivos de operación y mantenimiento.

Por otra parte, una organización de construcción está normalmente acostumbrada al manejo y solución de problemas que no son los habituales en trabajos de mantenimiento, como son, por ejemplo:

+ Programación de obras de cierta magnitud, teniendo

en cuenta proyectos, fabricación de partes, adquisición de materiales y contratación de numeroso personal en corto plazo.

+ Solución de problemas de importación de maquinaria y de internación en el país de montadores extranjeros, que vienen como parte de las condiciones de garantía de los fabricantes.

+ Organización del seguimiento de la fabricación, prueba y transporte de cantidades importantes de equipos y materiales.

+ Coordinación con el personal de ingeniería para programar la preparación de diseños, especificaciones y planos, con objeto de que los proyectos no constituyan un cuello de botella para la realización de las obras.

+ Compra y/o alquiler de equipo y herramientas especiales de construcción y montaje.

+ Establecimiento de un sistema permanente de revisión y actualización de programas de construcción y de un procedimiento expedito de control de costos de obra.

+ Contratación de nuevo personal de diferentes especialidades, dándole sobre la marcha el entrenamiento indispensable y encuadrándolo en una organización dinámica de trabajo.

+ Terminación y cierre oportunos de cada área del proyecto, con objeto de evitar el arrastre parcial o total de las obras y el siguiente sobregasto por este motivo.

Sin entrar en más detalles sobre algunas de las importantes diferencias que existen entre el trabajo de mantenimiento y el de construcción, podemos concluir recomendando que se tengan en cuenta los factores citados cuando se decida a qué organización se pondrá a cargo la realización de trabajos importantes que se llevan a cabo para la ampliación de una empresa.

Trabajo cíclico. En la fábrica se realiza un trabajo cíclico de mantenimiento para la revisión de las calderas, la reparación de hornos, la revisión de bombas y motores, el reacondicionamiento o cambio de aceite aislante de transformadores de

potencia, la revisión de contactos en interruptores, la pintura de edificios y maquinaria, etc. Muchos de estos trabajos cíclicos se pueden programar para épocas de vacaciones o al final de ciclos importantes de producción.

Para que la planeación del trabajo cíclico sea efectiva debe hacerse por objetivos, estudiando concienzudamente todos y cada uno de los aspectos del trabajo a realizar y planteando diversas alternativas para su solución, haciendo una correcta evaluación de las mismas, antes de elegir la que se considere como la mejor.

Cada uno a su nivel, todo el personal de supervisión debe participar en este trabajo de planeación. La experiencia nos muestra que cuando se hace participar en forma organizada al personal en estas actividades, éste considera los resultados como suyos y los apoya con mucho más entusiasmo a la hora de llevar a cabo los trabajos.

Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo, incluyendo lubricación e inspección del equipo se hace sobre bases semanales, mensuales, trimestrales, semestrales o anuales. Este trabajo, de gran importancia debe programarse dentro del conjunto de planes a corto plazo y coordinarse con otros proyectos, de forma a minimizar las posibles interferencias con los trabajos de instalación de nuevo equipo y con el mantenimiento cíclico. En general, si se hace una buena planeación se pueden aprovechar los paros generales para hacer simultáneamente los tres tipos de mantenimiento, con gran ahorro en los costos de supervisión y apreciable disminución de las interferencias con el ciclo productivo de la fábrica.

Mantenimiento predictivo. Como se indicó ya en páginas anteriores el Mantenimiento Predictivo es la forma perfeccionada del Mantenimiento Preventivo y se lleva a cabo en forma permanente, a través de la toma automática o manual de lecturas

de determinadas características especificadas de los equipos lo cual permite preveer de acuerdo con las informaciones de los fabricantes y la propia del personal de operación y mantenimiento, el momento en que debe darse Mantenimiento Preventivo al equipo o parte de éste.

Técnicas de planeación y programación. En el momento actual existen técnicas muy desarrolladas y de las cuales ya hay en México una gran experiencia, en materia de planeación y programación. Las más importantes son las técnicas de Diagramas de Barras (Gantt) de Ruta Crítica (C.P.M. o P.E.R.T), la programación con metas intermedias, la programación con limitación de recursos, la programación por C.P.M., a costo mínimo y otras.

La planeación diaria.

Si analizamos con cuidado el trabajo de un conjunto de operarios de mantenimiento durante un período de varias semanas, encontraremos que del tiempo total de la jornada, los operarios no ocupan más del 20% de su tiempo en el trabajo efectivo, ocupándose la mayor parte de la jornada en traslados y actividades indirectas. Al analizar la razón de esta realidad encontramos que la razón principal de que esto se produzca es la falta de planeación del trabajo de mantenimiento diario y semanal.

Cuando una empresa desarrolla un nuevo producto, existe todo un proceso que sigue el ciclo: Idea-Estudio-Diseño-Perfeccionamiento-Aprovisionamiento-Producción-Comercialización-Distribución. Sin embargo, cuando el "producto" es la revisión o la reparación de una máquina, simplemente se le pide al sobrestante que envíe un operario, quien es enviado a resolver el problema y tiene que ingeniar~~s~~elas muchas veces solo o con su ayudante, para resolverlo.

Esto se justifica en una empresa muy chica, pero en una empresa mediana es muy conveniente que haya personal dedicado a analizar cada problema y a encontrar la solución más adecuada, antes de hacer el trabajo. Dado el tiempo que un operario dedica normalmente a la preparación y búsqueda de solución de cada problema, no es lógico que sea el sobrestante el responsable de la planeación, ya que ésto le ocuparía todo el tiempo y no le dejaría tiempo para la supervisión y el control. Lo ideal parece ser que haya un subsobrestante que se encargue de esto por cada grupo de cinco a veinte hombres el cual debe ser seleccionado entre los mejores operarios y que tenga experiencia, y preparación suficiente para ello.

En plantas grandes es conveniente que el trabajo general de planeación diaria tenga un supervisor general quien reportará con el Superintendente de Mantenimiento.

Al planear el trabajo diario de las cuadrillas debe buscarse un mínimo tiempo de recorrido del personal por la planta. Cuando se trate de trabajos con duración de pocas horas, deberá procurarse que la misma cuadrilla, si es posible haga varios trabajos situados en la misma zona.

En la siguiente figura se muestra una hoja típica de planeación del mantenimiento:

Recomendaciones para el uso de la Hoja de Planeación.

- 1.- Determine en el alcance del trabajo solicitado y descríballo por escrito, dele un nombre abreviado, para su control.
- 2.- Obtenga o prepare los esquemas y diagramas necesarios.
- 3.- Prepare una lista de los materiales requerido para el trabajo a realizar, indicando el material que debe ser sacado del almacén y cuál debe ser comprado, anotando el número de la requisición, el lugar donde debe ser entregado y la fecha en que se necesita.

HOJA DE PLANEACION DEL TRABAJO DE MANTENIMIENTO

Nombre del trabajo Fecha
 Responsable
 No. de la Orden

Número del dibujo o Descripción del trabajo a
 esquema realizar

Programa de la cuadrilla

Días
 1 2 3 4 5 6

Herramientas Especiales
 Necesarias

Material requerido.

+ Existente en almacén

Requerimientos de Seguridad

+ Comprado	Requisición #	Entregar en	Fecha entrega

4.- El responsable de la planeación deberá requisitar todo el material no existente en los almacenes o no previamente requisitado.

5.- Prepare un programa de trabajo para cada parte de la obra a realizar y para cada día.

6.- Prepare un vale para el almacén, para que el material esté listo y pueda ser sacado por la cuadrilla cuando va ya a realizar el trabajo.

7.- Prepare una lista de herramientas y equipo especiales, necesarios para el trabajo.

8.- Haga una relación de los requerimientos de seguridad que deben cumplirse mientras se trabaja en el equipo bajo mantenimiento.

9. Indique qué trabajos previos deben realizarse en la zona antes de comenzar el trabajo y durante su ejecución.

+ Criterio del encargado de la planeación.

Es muy importante que la persona encargada de la planeación tenga experiencia y criterio, cuando recibe una solicitud de otro departamento acerca de la mejor forma de resolver el problema planteado. Por ejemplo, deberá juzgar si es conveniente maquilar fuera en lugar de fabricar en el terreno, comprar las partes ya hechas en lugar de fabricarlas localmente, reemplazar en lugar de reparar o contratar el servicio con personal externo a la fábrica.

El trabajo del encargado de la planeación no termina cuando la orden es finalmente aprobada por el sobrestante y se convierte en una orden de trabajo, sino que debe llevar a cabo una labor de seguimiento del desarrollo del trabajo, de los nuevos problemas que surjan y de los errores de planeación que le permitirán mejorar su labor en trabajos subsecuentes.

En el desarrollo de esta importante labor pueden ayudar en forma muy especial las técnicas de Ingeniería Industrial, aplicando el Estudio de Métodos, la Ruta Crítica y los procedimientos de Medición del Trabajo. Cada una de estas técnicas

tiene su aplicación particular a cada caso y deben ser aplicadas por una persona con un buen conocimiento de las mismas.

Formulación de Manuales de Mantenimiento.

Los manuales de mantenimiento deben ser preparados por personal técnico especializado, con buen conocimiento del inglés técnico, ya que la mayor parte de los instructivos de máquinas y equipo vienen escritos en este idioma.

La preparación de manuales en español para uso del personal de la fábrica requiere muchas horas de trabajo paciente y detallado y las personas a quien se encargue este trabajo necesitan tener una experiencia y un carácter apropiados para esta labor.. El primer paso para realizarla con éxito es reunir sistemáticamente en un archivo toda la literatura, planos y diagramas que lleguen con el equipo. Sin olvidar que estos documentos no son útiles en una biblioteca si no se usan por el personal de campo que realiza los montajes y las reparaciones.

Las técnicas modernas de copiado rápido permiten que sea fácil y si no se exagera, económico, proporcionar copias adecuadas, para todo el personal que las necesite.

Tipos de Manuales. Los tipos de manuales cuya utilización es general hoy en día, pueden clasificarse como sigue:

Manual de Instrucciones. Describe una determinada tarea en lo concerniente a qué es lo que hay que hacer, cuándo, cómo y porqué hay que hacerlo. Se utiliza básicamente para el adiestramiento y readiestramiento de personal.

Manual de Procedimientos. Describe, de una forma detallada los métodos mediante los cuales se lleva a cabo cada

tarea en particular. Generalmente contiene diagramas de flujo, ilustraciones de los formatos y formularios de organización, número de copias que hay que hacer de cada documento y a quien van dirigidas, además de explicaciones referentes a cómo, cuándo y dónde deben utilizarse. Proporciona una buena base para determinar y seguir la rutina de los procedimientos administrativos.

Manuales técnicos. Indican con todo detalle las características del equipo, sus condiciones normales de funcionamiento, sus ajustes y tolerancias, sus índices de mantenimiento (Horas, número de operaciones, temperaturas, presiones, amplitudes de vibraciones, lubricantes, etc) y la lista de partes de repuesto recomendadas, tanto la que recomienda el propio fabricante, como las sustitutas que se pueden obtener de otros fabricantes, si así se estima oportuno.

Los manuales deben ir acompañados de todos los planos, diagramas, curvas de operación y especificaciones que se consideren necesarias.

Manual de organización. Determina las obligaciones de los individuos y sus cargas dentro de la organización, con la definición de las labores de cada puesto y una clara definición de las líneas de mando y de comunicación.

Un manual de Mantenimiento puede llevar incorporado uno o más de los manuales descritos.

Manual de Mantenimiento. Un manual de mantenimiento describe las normas, la organización y los procedimientos que se utilizan en una empresa para efectuar la función de mantenimiento. Puede también incluir métodos normalizados para el mantenimiento y reparación de equipos y aparatos. Delimita los conceptos de gestión de mantenimiento de la organización y su importancia en la consecución de sus objetivos.

El Manual de Mantenimiento eleva el mantenimiento desde un papel meramente secundario a un lugar importante en la gestión de la empresa. A su vez, la gestión del mantenimiento se convierte en una parte integrante de la empresa y contribuye a sus objetivos. Por otra parte la utilización de un manual en la creación de un programa sólido en la gestión de mantenimiento puede ser un medio efectivo para la reducción de costos. Con el aumento generalizado actual de los costos de tecnología, mano de obra, materiales y equipo, la reducción de los costos de mantenimiento se convierte en una necesidad para la buena marcha de la empresa. Sin embargo, el manual de mantenimiento no obra milagros por sí solo; no puede reemplazar la labor de jefes competentes y de un hábil equipo de mantenimiento.

Por otra parte, la utilización de manuales permite una mejor comunicación entre supervisores y operarios. Cuando un manual está bien preparado indicará cuál es el método que se considera mejor para el cumplimiento de una tarea. Además proporciona un recurso muy importante para la preparación del nuevo personal.

La decisión por parte de la superioridad de preparar un manual de mantenimiento, descubrirá durante el proceso de preparación muchos lugares en que se realiza una mala gestión de mantenimiento. Los métodos y procedimientos de llevar a término la conservación en muchas organizaciones, se basan en prácticas que sin discusión se han aceptado como buenas durante mucho tiempo y la mayor parte de las cuales no han sido establecidas por escrito. Se encontrarán los siguientes problemas:

1. Existe duplicación de esfuerzos.
2. Existen áreas de responsabilidad que no están bien definidas y no existen claras líneas de autoridad.
3. Los procedimientos no están bien establecidos.
- 4.- Se están malgastando esfuerzos en áreas que ya no lo necesitan.

5. Existe un papeleo excesivo y se envían copias a personas que no las usan.

6. Se están utilizando métodos, equipos y materiales obsoletos.

7. El mantenimiento depende excesivamente de una persona que se considera como indispensable.

En el momento de preparar el Manual de Mantenimiento es conveniente dividirlo en dos partes, una parte técnica y otra administrativa.

ALMACENAMIENTO DE PARTES DE REPUESTO, MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO.

El control del almacenamiento de partes de repuesto, herramientas y equipo es una actividad de fundamental importancia para hacer posible una buena gestión de mantenimiento.

La forma en que se resuelva este problema dependerá principalmente de la organización de la empresa en lo referente a almacenes y bodegas. En muchas organizaciones los almacenes dependen del área administrativa quien da servicio a las otras áreas, en otras existen almacenes que están a cargo directamente de Producción o de Mantenimiento. En cualquier caso se deberá tener la organización adecuada para que estén disponibles en la fábrica en el momento en que se necesite las partes, herramientas y equipo necesarios para atender las actividades rutinarias programadas de mantenimiento y los mantenimientos de emergencia imprevistos, cuya atención oportuna pueden representar un ahorro considerable en el costo directo e indirecto del trabajo.

En el análisis de este problema hay que realizar un estudio administrativo y un estudio analítico. El primero para establecer claramente las responsabilidades en el manejo de esta actividad, las líneas de mando, los trámites, en especial

lo que se refiere a quien o quienes tienen autorizada su firma para vales de almacén, para aprobación de requisiciones y para compras directas a los proveedores.

El Departamento de Contraloría deberá especificar claramente los límites en cantidad de dinero o en calidad de productos que puedan autorizar determinadas personas.

Desde el punto de vista analítico el problema se resuelve con la aplicación de las técnicas de inventarios.

De acuerdo con la teoría correspondiente, un sistema de inventarios tiene tres costos fundamentales:

- 1.- El costo de tener almacenado.
- 2.- El costo de oportunidad.
- 3.- El costo de adquirir y almacenar.

La suma de estos tres costos constituye el costo total.

El primer costo está representado por los intereses del capital invertido en inventarios, costos de almacenamiento, de vigilancia, de operación, de maniobras, de mermas, de obsolescencia, de seguros, etc.

El costo de oportunidad es el que resulta de no tener las partes o las herramientas cuando se necesitan, por el amento del tiempo en las interrupciones del proceso productivo, el aumento de los costos de labor, trabajo en tiempo extra, varios turnos o días festivos, la pérdida de ventas y todos los costos indirectos producidos por la detención de la producción. Este es el costo más difícil de estimar en cualquier situación.

El costo de adquirir y almacenar se refiere a todos los cargos producidos por el papeleo de cada nueva orden, el trabajo administrativo del trámite de autorización de la misma que incluye el estudio del mercado, la preparación de especifi-

caciones, la solicitud, recepción y análisis de cotizaciones, el trámite del pedido al ganador del concurso, el transporte y acomodo de las nuevas partes y herramientas, etc.

Los tres costos citados se relacionan unos con otros y en general, cuando uno de éstos disminuye, uno o los otros dos aumenta.

El análisis de los sistemas de inventarios es una actividad importante de la Ingeniería Industrial que nos proporciona la tecnología para la solución de problemas de inventarios.

Un problema de inventarios se resuelve con el análisis de las diferentes alternativas y la toma de la decisión que optimizará al sistema, logrando que la operación planeada se haga de forma que la suma de los tres costos citados, o sea el costo total, sea mínimo.

Las decisiones se toman en función de costos, aunque rara vez se plantean directamente en forma de costos. Las decisiones se toman normalmente en términos de tiempo y cantidad, por ejemplo:

- + ¿Cuándo es necesario reponer el inventario?
- + ¿Cuánto se debe añadir al inventario?

Como vemos las variables de control de un sistema de inventarios son el Tiempo y la Cantidad. El problema del inventario es minimizar el costo total.

El análisis de un sistema de inventarios se lleva a cabo en los siguientes pasos:

- a) Determinación de las propiedades del sistema.
- b) Formulación del problema.
- c) Desarrollo de un modelo del sistema.
- d) Derivación de la mejor solución para el sistema.

En el primer paso el analista se familiariza con el problema y procura conocerlo en todos sus detalles y repercusiones.

En el segundo plantea con exactitud cuál es el problema e identifica las variables que están sujetas a control.

En el tercer paso al desarrollar un modelo del sistema, prepara su solución, relacionando matemáticamente las variables controlables y el costo total del sistema.

En el último paso encuentra los valores óptimos de las variables y el costo total mínimo del sistema de inventarios.

Debe entenderse que no se puede tener una solución única para todos los materiales, herramientas y equipo de inventario que necesita mantenimiento, ya que, generalmente, los problemas que éstos representan son diferentes.

Para el establecimiento de estos modelos es necesario tener estadísticas adecuadas de consumos de tiempos de entrega, y buenos sistemas de contabilidad de costos. Cuando no se tiene al principio esta información se puede utilizar tentativamente las informaciones de los proveedores y fabricantes y la experiencia de ingenieros y contadores de la propia empresa.

REGISTROS DE MANTENIMIENTO.

Para poder preveer y controlar es necesario organizar un buen sistema de información que nos permita conocer en cualquier momento cual es el estado real de conservación de cualquier equipo y en qué costos se ha incurrido hasta la fecha para su mantenimiento. Esto nos determina la necesidad de crear un buen banco de datos donde se pueden integrar los datos necesarios para la contabilidad, como son el precio y las condiciones de compra del equipo, el costo de acarreo, instalación y

puesta en servicio, y la fecha de adquisición. Posteriormente será necesario anotar los costos en que se incurra para reconstrucciones o modificaciones del mismo equipo, que afecten su valor en libros.

En el mismo banco de datos se integrará la información técnica de mantenimiento, por unidad, anotándose las fechas en que se han cumplido los requerimientos de conservación que aparecen en los manuales técnicos correspondientes y cualquier observación de tipo técnico que se considere conveniente para un mejor conocimiento posterior del estado de la unidad. Desde luego deberán anotarse en la misma forma los trabajos de reparación y reconstrucción que se realicen en la misma unidad.

En una empresa chica bastará seguramente abrir un registro de mantenimiento tipo Kardex, para llevar a cabo la integración del sistema de información mencionado. Sin embargo, el dinamismo de la empresa moderna y la complejidad creciente de los sistemas de producción hace cada vez más necesario, aún en empresas menores, el establecimiento de un sistema de control de datos por medio de computadoras. Este sistema que proporciona ventajas muy grandes sobre los sistemas manuales es ya económicamente posible en la mayoría de los casos por la gran disminución de los precios en los sistemas de cómputo, determinada por la aparición comercial de las minicomputadoras y los microprocesadores.

La ventaja de un banco de datos en computadora es que con una estructura previamente diseñada, de acuerdo con las necesidades generales de la empresa, se crea un archivo dinámico de información en el cual introducen sus datos las diferentes áreas y por medio de programas especiales para cada área se saca la información que cada uno necesita. Este trabajo puede hacerse por medio de un procesador central o por medio de ter-

minales en tiempo compartido. La ventaja adicional de esta metodología es que las mismas terminales, usando los programas adecuados se pueden usar para registros contables, facturación, inventarios, cálculos de ingeniería, etc.

Por otra parte es fundamental recordar que un sistema de datos es tan bueno y confiable como lo sea la información básica que se le proporciona y el cuidado que se tenga en mantener dicha información básica igualmente confiable con el paso del tiempo.

La base de un banco de datos es el establecimiento de números económicos para todos los edificios, instalaciones y máquinas de la empresa y de números índice establecidos de acuerdo con el personal de mantenimiento para cada uno de los trabajos que realiza este departamento. Es muy importante al establecer estos índices encontrar un equilibrio adecuado en el nivel de detalle en que se establecen los índices. No debe olvidarse que el límite práctico de control de costos lo determina el tiempo mínimo que el operario puede estimar ha dedicado a una actividad, ya que cuando un obrero está trabajando en diferentes órdenes de trabajo en la misma jornada, no le es siempre fácil apreciar cuanto tiempo exactamente ha dedicado en su atención a cada orden.

ESTABLECIMIENTO DE UN CONTROL DE COSTOS.

En los párrafos anteriores hemos hablado del control de costos en lo que se refiere al establecimiento de la historia de cada máquina y de cada parte de la instalación. Esta información de costos de que hemos hablado es un subproducto del control general de costos de mantenimiento.

Los costos de mantenimiento tienen cuatro aspectos:

1. Costos directos (hombres horas por especialidad).
2. Materiales, herramientas y equipo.

3. Supervisión.
4. Gastos generales.

La base de la estimación del costo directo lo constituye el informe diario de cada cuadrilla, en donde se anota el número de horas-hombre de cada especialidad que se debe cargar a cada cuenta que se esté trabajando, debiendo ser esta forma revisada y firmada por el sobrestante correspondiente.

Esto quiere decir que al aprobarse una orden de trabajo se deberá especificar la cuenta o cuentas a que se deberá cargar, de acuerdo con los números de cuenta que se prepararán al iniciarse el trabajo de la planta, para cada una de las actividades de conservación.

La ventaja de operar con hombres horas es que éstos nos dan una medida comparativa, más que la suma de salarios, fácil de manejar de la productividad de las cuadrillas en el tiempo, para actividades similares, ya que los salarios cambian periódicamente.

El control de los costos de materiales, herramientas y equipos los hace generalmente el Departamento de Contabilidad en base a los documentos con los que se han sacado de o los almacenes y que llevan la cuenta de cargo correspondiente.

Se acostumbra obtener el cargo por supervisión a base de un prorrateo mensual de la suma de los sueldos y salarios de todo el personal directivo, de supervisión y administrativo del Departamento de Mantenimiento. Para efectos prácticos este prorrateo se hace obteniendo un índice del cociente de dividir el costo total anterior entre el costo total de las cuadrillas de conservación y ese factor se aplica al costo de cada Orden de Trabajo, para obtener el costo de supervisión.

En lo que se refiere a los gastos generales, en forma similar a la anterior se hacen cargos a cada una de las órde

nes, por concepto de consumo de energía eléctrica, vapor, aire comprimido, etc., y por concepto de los gastos generales de la organización, como sueldo, salarios generales, deprecitaciones de edificios e instalaciones, impuestos, seguros, etc. La forma de realizar estos cargos varía mucho de una organización a otra, ya que pueden ser muy diferentes los criterios contables correspondientes.

Al personal directivo de mantenimiento lo que le interesa fundamentalmente es el conocimiento de los gastos que se originan en su propio departamento, ya que los otros gastos generales indirectos se salen normalmente de su control. A través del banco de datos de costos se obtiene la información para los correspondientes informes mensuales, y anuales de las labores de mantenimiento y para el análisis permanente de los costos de trabajos especiales, para el control de tiempo extra y para el control general de la productividad del personal y de la organización en su conjunto y en cada una de sus áreas.

FORMATOS NORMALIZADOS PARA LOS INFORMES PERIODICOS
Y ESPECIALES A LA SUPERIORIDAD Y A OTROS DEPARTAMENTOS

Los reportes a la gerencia tienen por objeto mantenerla bien informada de modo que pueda llevar adelante su tarea de coordinar y controlar todas las actividades de la planta, con un máximo de efectividad total.

Por otra parte hay que enviar información suficiente para poder realizar un trabajo conjunto coordinado, en beneficio de todas las partes, con los Departamentos de Producción, Contabilidad, Compras y Almacenes.

Cualquier reporte que realice el Departamento de Mantenimiento tiene por objeto fundamental que el Superintendente de Mantenimiento controle mejor su trabajo. El objetivo prin-

principal de la recopilación de datos es detectar áreas que necesiten acción correctiva y poder estimar la efectividad de los trabajos que se están realizando.

El tipo y número de reportes que puede llevar a cabo periódicamente el Departamento de Mantenimiento es muy variado y depende de las políticas que se establezcan al respecto en cada empresa. Entre los reportes más usuales se encuentran los siguientes:

Informe de Prioridad. Objetivo: Mejorar la efectividad del trabajo de mantenimiento programado.

Consiste en una relación trabajos prioritarios (De emergencia) realizados en la semana anterior y que indica en forma simplificada el número de la parte reparada, la fecha del trabajo, la descripción muy breve del mantenimiento realizado y el número de hombres hora ordinarios y de tiempo extra utilizados, así como el nombre de la persona que solicitó y autorizó el trabajo.

Este reporte tiene por objeto mostrar:

- 1- Quién es el responsable de los trabajos de emergencia.
- 2- Si la emergencia es real y justificada.
- 3- La acción correctiva que se requiere.

Normalmente el trabajo se prepara o clasifica en tres grados de urgencia:

- 1- Emergencia: Qué es un trabajo que debe realizarse inmediatamente para:
 - a) Prevenir pérdidas de producción
 - b) Prevenir averías serias en el equipo.
 - c) Corregir un peligro extremo de la seguridad
- 2- Urgente: Trabajo que dentro de la programación y planeación normales debe terminarse tan pronto como sea posible. Tal trabajo se programa normalmente para comenzar dentro de

las veinticuatro o cuarenta y ocho horas posteriores a la recepción de la orden.

3- Normal: Es el grueso del trabajo de mantenimiento. Puede retrasarse más de cuarenta y ocho horas.

Informe del retraso o adelanto con respecto al programa.

Objetivo: Medir la efectividad de planeación y programación.

Aquí se reportan las horas hombre programadas, por cuadrillas o por unidades, comparadas con las horas-hombre realmente trabajadas, tal y como se las programó.

Este informe nos indica adicionalmente, las tareas ejecutadas que no fueron previamente programadas y los trabajos programados que no se ejecutaron y las razones por las que no se realizó el trabajo.

Informe de retraso.

Objetivo: Resumir el retraso de trabajo de las fuerzas de mantenimiento, para nivelar la carga de trabajo y mejorar la utilización de la fuerza de trabajo.

Este informe se basa en una acumulación de las órdenes de trabajo autorizadas de prioridad baja, apareadas con los requerimientos de la mano de obra. Al comparar los requerimientos de la fuerza de trabajo con la mano de obra disponible, se puede llegar a un retraso que se expresa en días o semanas.

Un retraso pequeño puede significar que el equipo está en buenas condiciones y que no necesita mantenimiento y que la fuerza de mantenimiento está a un nivel demasiado alto.

Idealmente el retraso en cada cuadrilla deberfa ser de alrededor de cuatro a seis semanas, para nivelar más efectivamente el trabajo y utilizar mejor a los trabajadores.

Informe del pronóstico de mano de obra.

Objetivo: Permitir la planeación de la futura fuerza de trabajo, en relación con la carga de trabajo estimada y el personal disponible.

El pronóstico de mano de obra es un instrumento del Departamento de Mantenimiento para el control global del personal de este departamento. Por medio de este informe se tiene un conocimiento de la relación entre la carga de trabajo y el personal disponible.

Es muy conveniente hacer este informe una vez a la semana para el trabajo de la semana siguiente.

En pronóstico de mano de obra es un diagrama con un calendario continuo por semana en el eje de las abscisas y número de trabajadores en el eje de las ordenadas. En lo que se refiere al pasado se convierte en una recopilación gráfica de los informes semanales de los trabajadores, actualizados con la información del personal realmente utilizado.

Con la información anterior, a lo largo de los meses y los años se tiene una valiosa información estadística que permite a la ingeniería de mantenimiento prever mejor las necesidades futuras de personal y realizar un mejor presupuesto anual de los gastos por concepto de labor y hacer una previsión más adecuada de las necesidades de capacitación del personal en el futuro.

La historia registrada, en unión de los planes futuros es la base sobre las cuales pueden planear las situaciones que requieren acción correctiva antes de que acontezcan.

Permite visualizar gráficamente los requerimientos futuros de mano de obra, comparador con la mano de obra disponible.

Los informes anteriores son algunos de los que pueden utilizarse para optimizar el trabajo del Departamento de Mantenimiento, existiendo, indudablemente la posibilidad de crear y utilizar otros sistemas de información de acuerdo con las necesidades o criterios de cada grupo de mantenimiento de una industria, en particular.

Hay que tener mucho cuidado, por otra parte, en no crear un excesivo papeleo, al exigir más reportes de los necesarios, cuya preparación puede ocupar gran parte del tiempo útil del personal de supervisión del mantenimiento sin que finalmente tengan, en muchos casos una utilización efectiva.

BIBLIOGRAFIA.

- | | |
|---|--|
| Manual de Mantenimiento Industrial
L. C. Morrow
Edición 1974 | C.E.C.S.A.
Calzada de Tlalpan 1620
México, D. F. |
| Manual de la Producción
Alford y Bangs
Edición 1965 | U.T.E.H.A.
Avenida Universidad 767
México, D. F. |
| Effective Maintenance Management
E. T. Newbrough
Edición 1967 | Mc Graw-Hill Book Co.
New York |
| Mantenimiento y Buen Orden en la
Fábrica
George H. Andrews
1963 | Herrero Hermanos, Sucs., S. A.
Comonfort No. 44
México, D. F. |
| Tecnología Mecánica e Instalaciones
Odón de Buen Lozano
1967 | Representaciones y Servicios
de Ingeniería, S. A.
Apartado Postal 70-180
México 20, D. F. |
| Project Management with CPM and PERT
Moder and Phillips
1964 | Reinhold Industrial Enginee-
ring and Management Sciences
Textbook Series
New York |
| A Programmed Introduction to PERT
Federal Electric Corporation
1964 | John Wiley & Sons, Inc.
New York |
| Determinación de la Ruta Crítica
R. L. Martino
1965 | Editora Técnica, S. A.
Dinamarca No. 60
México 6, D. F. |
| A Concept of Corporate Planning
Russel L. Ackoff
Edición 1970 | Wiley International Edition
New York |

Análisis Económico del Mantenimiento
en Plantas Hidroeléctricas

Lázaro Salazar Reyes

Proyecto de Tesis Profesional, como
pasante de la carrera de Ingeniero
Mecánico Electricista de la U.N.A.M.
1978

En prensa

La Ingeniería y el Diseño en la
Ingeniería.

E.V. Krick

Segunda Edición, 1976

Editorial LIMUSA
México, D. F.

Inventory Systems

Eliezer Naddor

1966

John Wiley & Sons, Inc.
New York

I N D I C E

Consideraciones Generales -----	1
Mantenimiento de la Fábrica -----	4
* Mantenimiento Correctivo -----	5
* Mantenimiento Preventivo -----	6
* Mantenimiento Predictivo -----	8
Objetivos del organismo de mantenimiento -----	9
Responsabilidades básicas del organismo de mantenimiento -----	13
Organización del Departamento de Mantenimiento -----	15
* Control del personal de mantenimiento -----	19
* La planeación a mediano y largo plazo --	23
* Planeación a corto plazo -----	27
* Instalación de nuevo equipo -----	28
* Trabajo cíclico -----	30
* Mantenimiento preventivo -----	31
* Mantenimiento predictivo -----	31
* Técnicas de planeación y programación --	32
* La planeación diaria -----	32
* Criterio del encargado de la planeación-	35
Formulación de manuales de mantenimiento -----	36
Almacenamiento de partes de repuesto, materiales, herramientas y equipo -----	39
Registros de mantenimiento -----	42
Establecimiento de un control de costos -----	44
Formatos normalizados para los informes periódicos y especiales a la superioridad y a otros departamento -----	46
* Informe de prioridad -----	47
* Informe del retraso o adelanto con respecto al programa -----	48
* Informe de retraso -----	48
* Informe del pronóstico de mano de obra -	49



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



TEMAS IMPORTANTES DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA: ESTUDIO ECONOMICO DE REEMPLAZO DE EQUIPO.

PRO. ING. ALBERTO LIEBIG FRAUSTO.

febrero-marzo, 1978.

ESTUDIO ECONOMICO DE REEMPLAZO DE EQUIPO

1. CONCEPTOS DE REEMPLAZO Y RETIRO.
2. SENTIDO ECONOMICO DEL REEMPLAZO.
3. CAUSAS BASICAS PARA EL REEMPLAZO.
4. FACTORES QUE AFECTAN LAS DECISIONES DE REEMPLAZO.
5. VIDA ECONOMICA.
6. PARAMETROS PARA DETERMINAR LA VIDA ECONOMICA DE UN ACTIVO.
7. METODOS DE EVALUACION ECONOMICA.
8. PROBLEMAS DE REEMPLAZO EN FUNCION DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO.
9. PROBLEMAS DE VIDA ECONOMICA.
10. DIFERENTES TIPOS DE PROBLEMAS DE REEMPLAZO.
11. B I B L I O G R A F I A .

ESTUDIO ECONOMICO DE REEMPLAZO DE EQUIPO

Los estudios de reemplazo se pueden considerar de dos tipos generales; el primero se refiere a la conveniencia de conservar un activo antiguo o bien de reponerlo con otro activo nuevo en una fecha determinada. El segundo tipo de estudio se refiere a la determinación anticipada de la vida económica de servicio de un activo.

1. CONCEPTOS DE REEMPLAZO Y RETIRO.

1.1. REEMPLAZO.-

En un plano general se entiende por REEMPLAZO la acción y efecto de poner alguna cosa en lugar de otra. Se puede pensar en el término como sinónimo de desplazamiento. Esto implica que cualquier problema de toma de decisiones pueda considerarse un problema de reemplazo entre todas sus alternativas viables, inclusive la de hacer nada, y donde la mejor, de acuerdo al o los criterios de selección predeterminados, desplaza a los demás.

El reemplazo de equipo viene siendo un caso particular de problemas de toma de decisiones económicas, donde por lo general, compiten dos o más alternativas, correspondiendo siempre una de ellas al equipo en operación y que defiende su posición para no ser desplazado por un equipo nuevo. Dadas estas circunstancias se puede definir al equipo en uso que busca justificar su posición, como "defensor", y a su posible sustituto nuevo, como "retador". El hecho de hablar en el "retador" de sustituto nuevo, no implica que éste sea nuevo de hecho, sino que para el organismo que tiene el problema de reemplazo sería nuevo en su haber aunque se adquiriera usado.

1.2. RETIRO.-

Se entiende por RETIRO para fines de estudios económicos, cuando un bien de activo se hace a un lado, deja de usarse o se destina a alguna función secundaria de servicio. Las siguientes son las causas más usuales de retiro:

- a). Características funcionales inaceptables; como deterioro o insuficiencia de capacidad, de calidad, de seguridad.
- b). Terminación de la capacidad de producción del bien de activo.
- c). Existencia de bienes perfeccionados que permitan demostrar que el bien de activo en uso resulta antieconómico.

1.3. DEGRADACION CONTRA RETIRO.-

¿Qué le sucede al equipo que se desplaza como resultado de un análisis económico? Puede suponerse que su reemplazamiento significa el final de la vida del bien de activo dentro de una compañía, o sea, el retiro del equipo. Sin embargo, lo más común al ser reemplazado, es conservar el equipo y buscarle un uso degradado dentro de la misma compañía. De esta manera, un equipo puede reemplazarse varias veces, presentando cada una de ellas un uso diferente antes de su retiro final.

Cada uno de esos usos degradados representa un período de vida económica en un servicio diferente. Sin embargo, el equipo sólo debe tener acceso a cada servicio nuevo, como resultado de un estudio económico. Al ser desplazado de un servicio puede convertirse en la máquina propuesta en un servicio degradado, y si triunfa como resultado de un estudio económico desplazará, sólo entonces, al equipo en uso. En la competencia para obtener un servicio degradado un bien de activo no sólo debe compararse con el bien en uso, sino también con cualquier otro equipo, equipo nuevo o de segunda mano que pueda reconocerse como candidato para ese servicio.

2. SENTIDO ECONOMICO DEL REEMPLAZO

El éxito de una empresa dentro de un mercado de competencia como el que se vive en el mundo en general, depende sustancialmente de las utilidades que produce y que espera producir en el futuro. El reemplazo acertado de los equipos, coadyuva a mantener en situación competitiva a las empresas, pensando que los bienes de activo con carácter productivo son los medios para lograr ese fin. Por lo tanto, es fundamental procurar producir al más bajo costo posible, ya que el beneficio que con ello se logre servirá por un lado para satisfacer las demandas

siempre creciente de mejores salarios, prestaciones y beneficios para el trabajador, y por el otro podrá en alguna forma garantizar la situación competitiva de la empresa.

¿Cuándo se debe reemplazar un equipo?

La idea del reemplazo de equipo debe surgir cuando más económico resulta el equipo en su operación, y no cuando ya está totalmente agotado. Esta tesis es contraria al concepto de economía casera que el común de las personas tiene, de mantener el mayor tiempo posible los equipos en uso sin reparar en su condición económica. Un reemplazo de equipo que se deja de hacer en su momento adecuado, significa un aumento paulatino de los costos de operación y mantenimiento que vuelven antieconómico al equipo en uso. Por otro lado, también se debe prever el no realizar un reemplazo anticipado, que puede costar a la empresa los recursos que destina a este fin en vez de canalizarlos a otro que pueda resultar mejor. El reemplazo económico se realiza cuando todos los elementos técnicos, económicos, de mercado y financieros así lo determinen.

3. CAUSAS BASICAS PARA EL REEMPLAZO.

Las causas que pueden llevar a un reemplazo, pueden ser de carácter interno o externo a los activos; en términos generales se les puede agrupar en dos aspectos básicos, por deterioro físico y por antigüedad. El deterioro físico hace referencia exclusivamente a cambios en la condición física de los activos, en tanto que el término antigüedad se refiere a los efectos de los cambios en el ámbito externo a un activo. El deterioro físico y la antigüedad pueden presentarse independientemente o en conjunto.

El deterioro físico conducirá a una disminución en el valor de servicio prestado, a mayores costos de operación, mayores costos de mantenimiento o a la combinación de los anteriores. Existen pocos elementos sobre la forma en que tales costos se presentan en relación con el tiempo de servicio de los activos.

La antigüedad surge como resultado del mejoramiento continuo de los instrumentos de producción. Con frecuencia la tasa de mejoramiento

es tan grande, que resulta económico reemplazar un activo físico, en buenas condiciones de operación, con una unidad mejorada. La antigüedad se caracteriza por cambios externos al activo y se emplea como una razón para justificar el reemplazo cuando se considere necesario y conveniente.

Dentro del concepto de deterioro físico al igual que en la antigüedad, se reconocen dos formas de llevarse a cabo, una gradual en el tiempo, poco a poco, y otra repentina, de un momento a otro. El primer caso denota problemas de reemplazo que dan oportunidad a planeación gradual, en tanto que el segundo caso puede obligar a decisiones intempestivas a menos que se pueda tomar cierta providencia con bases estadísticas. Sea por ejemplo, el caso de los focos, en ellos se tiene una esperanza de vida de acuerdo a información estadística, sin embargo, su falla es un evento aleatorio, para disminuir en cierto grado esa inseguridad y evitarse complementariamente mayores costos de reemplazo (adquisición y sustitución), es práctica común reemplazar regularmente todas las unidades.

En resumen, las consideraciones principales que llevan al reemplazo de un activo, se pueden clasificar como insuficiencia o ineptitud, mantenimiento excesivo, eficiencia decreciente y antigüedad. Cualquiera de las causas anteriores puede llevar al reemplazo, pero por regla general entran dos o más de ellas en juego.

4. FACTORES QUE AFECTAN LAS DECISIONES DE REEMPLAZO

Los factores que un momento dado pueden afectar una decisión de reemplazo, pueden ser de origen interno o externo al organismo que se enfrenta al problema de reemplazo. Entre los factores más importantes se pueden contar los siguientes:

- Inercia para realizar inversiones
- Disponibilidad de capital
- Incertidumbre
- Reglamentación impositiva
- Inflación

4.1. INERCIA PARA REALIZAR INVERSIONES.-

En parte la resistencia a reemplazar bienes de activo que físicamente

están en condiciones de operación satisfactorias, pero que quizás no representen la situación más económica posible, se basa en el hecho - de que una decisión de reemplazo es un proceso irreversible, donde ^{existe} un compromiso durante la vida del activo sustituto, de haber realizado - una decisión acertada. El hecho de mantener el activo en uso, implica solo retardar la decisión de reemplazo. Por otro lado, la decisión de no reemplazar el equipo en uso y que eventualmente genere pérdidas es menos censurada que aquella decisión de reemplazar el equipo viejo por uno nuevo y que pueda producir una pérdida parecida.

4.2. DISPONIBILIDAD DE CAPITAL.-

De acuerdo a la etapa de desarrollo de una empresa, ésta podrá asignar mayor o menor cantidad de sus recursos disponibles a proyectos de reemplazo. Cuando ésta se encuentra en una etapa de expansión, canalizará el grueso de sus recursos en proyectos que permitan ampliar su capacidad de producción, más que pensar destinarlos en proyectos de mantenimiento o reemplazo.

4.3. INCERTIDUMBRE.-

Las decisiones de reemplazo, como cualquier otro tipo de decisiones - de carácter económico se realizan con una esperanza en el futuro, de que sucedan las cosas tal y como se han planeado o de la manera más aproximada. Desafortunadamente no se cuenta con la capacidad de predecir el futuro, y lógicamente ésto implica tener en cada problema de decisión un margen de inseguridad que puede llegar a influir en la toma de una decisión. En el caso de los problemas de reemplazo no se pueden determinar los costos futuros relativos a los equipos alternativos; ni prever tampoco los avances tecnológicos que puedan de un momento a otro, hacer caer en la obsolescencia los equipos en operación o los elegidos para sustituirlos.

4.4. REGLAMENTACION IMPOSITIVA.-

Este renglón juega un papel preponderante en la política general de las empresas para el mejoramiento y reemplazo de su equipo. Por un lado, si las cargas impositivas son exageradas, definitivamente se evitará la reinversión y las aportaciones adicionales en las empresas,

no solo con la finalidad de mejorar o reemplazar su equipo sino también se evitará hacer nuevas expansiones.

4.5. INFLACION.-

La importancia de la inflación es relativa al horizonte de tiempo en consideración, ya que es práctica común en estudios económicos expresar todos los flujos de costos en la misma unidad monetaria a una fecha determinada que puede corresponder con la de los estudios. El costo de adquisición de un determinado equipo suele aumentar a lo largo del tiempo, sin embargo este aumento puede ser tan solo aparente como consecuencia de pérdida del poder adquisitivo de la moneda. La variación real en más o en menos tanto de costos como de ingresos respecto al tiempo, se puede determinar corrigiendo las estadísticas correspondientes empleando índices de costos, de tal manera que todas las cifras queden expresadas en unidades monetarias a una sola fecha. Por ejemplo, si una máquina determinada ha sufrido en promedio un aumento anual en su precio del 15%, y si la tasa media inflacionaria es del 10% anual. El incremento real en el costo del equipo es tan solo del 5% en términos de unidad monetaria constante.

5. VIDA ECONOMICA.

Se entiende por vida económica de un activo al intervalo de tiempo que suministra los ^{mínimos} costos anuales equivalentes totales del activo, o bien que maximiza sus ingresos netos anuales equivalentes. También se suele hablar de la vida económica como la vida de costo mínimo o el intervalo de reemplazo óptimo como se indicó en el punto 1.3. un activo puede tener varias vidas económicas conforme a los usos inicial y degradados que se le den. Es pues conveniente hacer una diferenciación de los diferentes tipos de vida de un activo para evitar posibles confusiones:

- VIDA UTIL

Se reconoce como VIDA UTIL al período de tiempo que un activo puede prestar un servicio. Dicho de otra manera sería la suma de las vidas económicas de un activo hasta su eliminación o retiro definitivo.

- VIDA DE PROPIEDAD

Se entiende por VIDA DE PROPIEDAD el tiempo en el que un activo pertenece a un solo dueño. Obviamente un activo puede tener diferentes vidas de propiedad al tener diferentes propietarios.

- VIDA CONTABLE

La VIDA CONTABLE corresponde al tiempo que un activo está sujeto a depreciación; esta vida contable o fiscal queda determinada en la reglamentación correspondiente al Impuesto sobre la Renta.

Existe un gran problema en predecir la vida económica de un activo en el momento de su adquisición. Si se pudiera predecir el futuro con exactitud, el problema se reduciría a determinar el costo total anual equivalente al término de cada año en la vida del activo, y el año que correspondiera al mínimo denotaría la vida económica del activo; sin embargo, ésto es prácticamente imposible por la incertidumbre que se tiene de los eventos futuros. La vida económica de los activos resulta ser un ideal matemático, sin embargo, su aplicación es reducida como concepto básico para determinar cuándo conviene reemplazar un equipo. Las razones para que no sea empleado son las siguientes: PRIMERO el concepto de vida económica es válido como el tiempo para el reemplazo de un equipo previendo que los futuros reemplazos se hagan con equipos idénticos y con las mismas condiciones de inversión, costos de operación, ingresos netos, valor de salvamento etc. SEGUNDO: en el momento de adquisición de un activo, no se cuenta generalmente con información confiable sobre sus costos; y TERCERO: al momento de adquirir un activo ni siquiera se ha pensado en su reemplazo futuro, sino que éste se hará de acuerdo a las circunstancias que imperen en el período inmediato anterior.

6. PARAMETROS PARA DETERMINAR LA VIDA ECONOMICA DE UN ACTIVO

Se reconocen cuatro parámetros básicos en la determinación de la vida económica de los activos que se indican a continuación:

- Costos de operación
- Costo de oportunidad por deterioro
- Costo de oportunidad por obsolescencia
- Costo de propiedad

6.1. COSTOS DE OPERACION.-

Los costos de operación consisten en desembolsos reales; se incurre en ellos considerando un tiempo de operación fijo. Su comportamiento general en el tiempo es creciente, ya que por efecto del desgaste progresivo de un activo se irán consumiendo una mayor cantidad de combustibles y lubricantes; también se requerirá de trabajos de mantenimiento más frecuentes que impliquen mayores desembolsos.

6.2. COSTO DE OPORTUNIDAD POR DETERIORO.-

Estos costos por deterioro ó pérdida de productividad paulatina, se pueden estimar observando, por una parte, las estadísticas de días hábiles perdidos por descomposturas, desperfectos o mantenimiento, y por otra parte, la estadística de eficiencia por trabajo efectuado por día de operación. La práctica general demuestra que los días que pierden tienen a aumentar con el tiempo y que correspondientemente la productividad de los equipos disminuye.

Se reconoce como COSTO DE OPORTUNIDAD POR DETERIORO a la diferencia entre el producto que se podría obtener con un nuevo, igual al que se tiene en uso, y el que se obtiene realmente con el equipo en operación. Expresado en forma diferente, significa el tiempo que adicionalmente debe trabajar el activo en servicio para lograr la misma producción que cuando nuevo. En sí, se le puede reconocer como el costo de no reemplazar el equipo usado por uno nuevo de características iguales.

6.3. COSTO DE OPORTUNIDAD POR OBSOLESCENCIA.-

Los costos de oportunidad por obsolescencia, se determinan analizando la evolución tecnológica que ha experimentado el activo en consideración a través del tiempo, desde que se adquirió hasta el tiempo en que se realiza el estudio de su posible reemplazo. Al hacer este análisis, se supone al equipo en uso como nuevo y se compara con los equipos nuevos que sean más productivos y que estén disponibles en el mercado al momento de realizar el estudio. La diferencia de productividad en términos de dinero, que implica la máquina en uso con respecto a las más modernas, representa el costo de oportunidad del activo en uso. La suma algebraica del costo de oportunidad por productividad más el costo de oportunidad por operación, dan como resultado el costo de oportunidad por obsolescencia, que bien puede resultar positivo o negativo. Pa

ra el caso de resultar positivo el equipo más moderno, se observaría como el mejor, y contrariamente cuando el costo de oportunidad por obsolescencia resulta negativo, el equipo en uso se contempla como el mejor.

6.4. COSTO DE PROPIEDAD.-

El COSTO DE PROPIEDAD de un activo se expresa como la diferencia entre su costo de adquisición e instalación y su valor neto de rescate, referido obviamente de acuerdo al método de evaluación que se emplee, en unidades monetarias de una misma fecha.

El costo de adquisición de un equipo puede mantenerse constante en términos monetarios a una misma fecha, o bien puede presentar variaciones como efecto de cambios tecnológicos. Estudiando los costos de adquisición de los equipos en consideración, y después de corregir las cifras para eliminar el efecto inflacionario, se establece la tendencia del costo de adquisición. En esa tendencia se reflejan los comportamientos al alza y a la baja; éste último se presenta cuando los adelantos tecnológicos en la fabricación de los equipos permiten abatir su costo.

Para un activo determinado, su costo de adquisición es constante, en tanto que su valor de salvamento o rescate, que se designa como el valor neto realizable en un momento dado, es función del tiempo durante el cuál, dicho activo ha venido operando. El valor neto realizable de un activo resulta desde un principio menor que su costo de adquisición e instalación. Esto quiere decir que se incurre en una serie de costos no recuperables, desde la adquisición del equipo. Concluyendo, el valor de rescate de un activo podrá fluctuar a lo largo de su vida, entre el valor neto realizable al inicio de su operación y un valor nulo. Lógicamente el efecto del valor de salvamento en los problemas de reemplazo será menor en la medida que el tiempo de operación de los equipos sea mayor.

7. MÉTODOS DE EVALUACION ECONOMICA

Los métodos de evaluación económica empleados usualmente en los problemas de reemplazo, en sus modalidades generales; primero de determina--

ción de la vida económica anticipada, y en segundo el del análisis de - alternativas de reemplazo, son los del costo o valor anual equivalente, integrado o no el concepto de variación del valor del dinero en el -- tiempo, y el método del valor presente. Obviamente se reconocerán al - usar estos métodos las ventajas y desventajas inherentes a cada uno de ellos; por un lado tendrán que hacerse las consideraciones previas, cuan do en los problemas de reemplazo se tengan alternativas con vidas dife- tes , que resultan ser el caso común, y por el otro lado, cuando se tra baje con valores afectados por una tasa de interés mínima atractiva, se debe tener la seguridad de que ésta fue determinada con bases sólidas, ya que exista una dependencia directa de los valores presentes y costos anuales equivalentes con la tasa de interés que se aplique, donde se -- puede llegar a decisiones inadecuadas por elegir una tasa de interés -- inapropiada.

El método de análisis de los datos de un activo existente, debe ser el mismo que se utiliza para los datos de un posible sustituto económico. En ambos casos se debe considerar el futuro de los activos, sin tomar - en cuenta los costos amortizados. Por lo tanto, el valor del activo ya existente que se debe utilizar en un estudio de sustitución, es el mis mo valor que tiene en caso de retiro.

8. PROBLEMAS DE REEMPLAZO EN FUNCION DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO

Los problemas de reemplazo se pueden entender con mayor claridad estu-- diando la relación de sus costos de mantenimiento con los costos de ca- pital de un activo. Los costos de mantenimiento se pueden clasificar - en tres grandes grupos para facilitar su análisis: esporádicos, constan tes y crecientes uniformemente.

8.1. ACTIVOS CON COSTO DE MANTENIMIENTO ESPORADICO.-

Considérese el siguiente ejemplo: una máquina se adquiere por \$9,200.00 y tiene un valor de salvamento nulo, independientemente del momento --- en que se piense retirar. También considérese una tasa de interés nula y el desglose de costos de mantenimiento y de capital (propiedad) como se indica en el cuadro siguiente:

AÑO	CTO. MANTEN. DUR. AÑO	CTO. ACUMUL. DE MANTEN.	CTO. PROMEDIO DE MANT/ AÑO	CTO. PROMEDIO DE CAPITAL	CTO. PROMEDIO TOTAL
0					
1	\$ 2,300	\$ 2,300	\$ 2,300	\$ 9.200	\$ 11,500
2	6,900	4,600	2,300	4,600	6,900
3	2,300	11,500	3,833	3,067	6,900
4	2,300	13,800	3,450	2,300	5,750
5	2,300	16,100	3,220	1,840	5,060
6	2,300	18,400	3,067	1,533	4,600
7	2,300	20,700	2,957	1,314	4,271
8	6,900	27,600	3,450	1,150	4,600
9	2,300	29,900	3,322	1,012	4,334
10	2,300	32,200	3,220	920	4,140

En el cuadro se observa que los costos de capital, disminuyen conforme aumenta el mínimo de años en uso; ésto también resulta válido si la tasa de interés no fuera nula y se tuviera valor de salvamento diferente a cero.

El efecto de los costos esporádicos de mantenimiento elevados, se suavizan al ser considerados en el promedio de la última columna. En este ejemplo, la relación entre el costo del activo y su costo de mantenimiento es relativamente alta; sin embargo, el costo medio total, -- tiende generalmente a decrecer. Salvo que exista una tendencia creciente en el costo esporádico de mantenimiento, nunca existirá, en un año dado un costo mínimo que no pueda ser mejorado en el futuro.

Debe hacerse hincapié, que si se va a realizar un reemplazo de activo, es recomendable llevarlo a cabo inmediatamente antes de cualquier erogación considerable en mantenimiento.

8.2. ACTIVOS CON COSTOS DE MANTENIMIENTO CONSTANTES.-

Si un activo llega a tener un costo de mantenimiento constante; esté o no afectado por una tasa de interés, tenga o no valor de salvamento nunca se justificará su reemplazo. De haber presentado un ejemplo, -

como en el caso anterior, pero donde sus costos de mantenimiento fueran constantes, se habría deducido la siguiente expresión de carácter general para el costo promedio total con una tasa de interés nula y valor de rescate igual a cero.

$$C = \frac{P}{n} + M$$

donde C = costo medio anual de recuperación de capital y mantenimiento

P = costo inicial del activo

M = costo constante de mantenimiento anual

n = vida del activo en años.

Se observa claramente que C nunca llegará a cero, pero tenderá conforme tienda la vida a infinito al valor de M.

Generalizando la expresión anterior para situaciones que integren en parámetros de interés y valor de salvamento, queda lo siguiente:

$$C = (P-L)(A/P, i, n) + Fi + M$$

donde adicionalmente a los conceptos indicados anteriormente se tiene:

F = valor de salvamento en el año n

i = tasa de interés

8.3. ACTIVOS CON COSTOS DE MANTENIMIENTO CRECIENTES UNIFORMEMENTE.

Este caso implica que se tenga una situación de costos de mantenimiento que aumentan a una determinada razón constante conforme aumenta la edad del activo.

Considérese el siguiente ejemplo; un activo que se adquirió en \$ 40,000.00 con valor de salvamento nulo en cualquier momento y un costo de mantenimiento anual nulo para su primer año de operación y que aumenta anualmente a una razón de \$ 5,000.00 en los siguientes años. Suponiendo una tasa de interés nula, se puede mostrar el comportamiento de los costos como se indica a continuación. Al existir una tendencia creciente en los costos de mantenimiento, debe existir también un período donde el costo promedio anual se minimice.

AÑO	CTO. MANTEN. DUR. AÑO	CTO. ACUMUL. DE MANTEN.	CTO. PROMEDIO DE MANT./AÑO	CTO. PROMEDIO DE CAPITAL	CTO. PROMEDIO TOTAL
0	---	---	---	---	---
1	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 40,000	\$ 40,000
2	5,000	5,000	2,500	20,000	22,500
3	10,000	15,000	5,000	13,333	18,333
4	15,000	30,000	7,500	10,000	17,500
5	20,000	50,000	10,000	8,000	18,000
6	25,000	75,000	12,500	6,667	19,167
n	$r(n-1)$	$\frac{nr}{2}(n-1)$	$\frac{r}{2}(n-1)$	P/n	$P/n + \frac{r}{2}(n-1)$

r = razón de crecimiento en los costos de mantenimiento

P = costo inicial del activo

Como se observa en el ejemplo, comprobando lo antes mencionado en el año 4 se obtiene el costo promedio total mínimo, y este año por ende corresponde a la vida económica del activo.

9. PROBLEMAS DE VIDA ECONOMICA (VIDA DE COSTO ANUAL EQUIVALENTE MINIMO)

En este campo podemos citar tres tipos de problemas básicos:

- Vida económica de un activo con costos de mantenimiento crecientes
- Vida económica de un activo con costo de antigüedad creciente
- Vida económica de un activo con costos combinados de agotamiento físico y antigüedad.

Estos casos se desarrollan a continuación partiendo de la suposición de que la tasa de interés que opera es 0% y que no tienen valor de salvamento; posteriormente se generaliza con tasa de interés diferente de cero y valor de salvamento no nulo.

9.1. VIDA ECONOMICA DE UN ACTIVO CON COSTOS DE MANTENIMIENTO CRECIENTES.-

Considérese un activo con un costo inicial (P), con valor de salva--

mento nulo, para cualquier año de su vida n , un costo de mantenimiento que en parte es constante (M) y en parte crece uniformemente año con año a una razón (r).

Con apoyo en los puntos 8.2. y 8.3. en sus expresiones generales, se determina el costo total medio anual de la siguiente manera:

$$C_n = \frac{P}{n} + M + \frac{r}{2} (n-1) \quad C_n = f(n)$$

donde C_n = costo total medio anual

P = costo inicial del activo

M = costo de mantenimiento constante

r = razón de crecimiento anual del costo de mantenimiento

n = vida del activo, en años

Para lograr que esta función se minimice en el tiempo, se deriva con respecto a éste y se iguala a cero, quedando:

$$\frac{dC_n}{dn} = -\frac{P}{n^2} + \frac{r}{2}$$

si $\frac{dC_n}{dn} = 0$ $0 = -\frac{P}{n^2} + \frac{r}{2}$ despejando n

$$n = \sqrt{\frac{2P}{r}}$$

que es la fórmula para determinar la vida económica de un activo bajo las consideraciones previstas.

Sea el caso citado en el punto 7.3. donde:

$$P = \$ 40,000$$

$$M = 0$$

$$r = \$ 5,000 \quad \text{sustituyendo valores}$$

$$n = \sqrt{\frac{2(40000)}{5000}}$$

$$n = 16 \quad n = 4 \text{ años} \quad \text{L.Q. Q. d.}$$

Para completar el tratamiento de la vida económica de un activo con costos de mantenimiento crecientes, considérese el siguiente caso,-

Un activo cuyo costo inicial es \$ 100,000.-, con valor de rescate - cero, costo de mantenimiento nulo en su primer año con incrementos - constantes de \$ 2,000.- y una tasa de interés del 6%. En este ejemplo el costo anual mínimo se obtiene como en el ejemplo anterior, -- cuando el costo de mantener un año más el activo es superior al costo anual equivalente a ese momento.

En el siguiente cuadro se representa el desarrollo de este ejemplo:

AÑO	CTO. MANTEN.	(P/F, i, n)	V.PTE. C.MANTEN.	V.P.ACUM. C.MANTEN.	(A/P, i, n)	C.ANUAL EQUIV.	C.ANUAL REC.CAP.	C.ANUAL TOTAL
0	\$ 0	1.0000	\$ 0	0	1.00000	0	100,000	100,000
1	0	0.9434	0	0	1.06000	0	106,000	106,000
2	2,000	0.8900	1,780	1,780	0.54544	960	54,544	55,504
3	4,000	0.8396	3,340	5,120	0.37411	1,920	37,411	39,331
4	6,000	0.7921	4,740	9,860	0.28859	2,840	28,859	31,699
5	8,000	0.7473	5,960	15,820	0.23740	3,760	23,740	27,500
6	10,000	0.7050	7,040	22,869	0.20336	4,660	20,336	24,996
7	12,000	0.6651	7,980	30,840	0.17914	5,520	17,914	23,434
8	14,000	0.6274	8,780	39,620	0.16104	6,380	16,104	22,484
9	16,000	0.5919	9,460	49,080	0.14702	7,220	14,702	21,922
10	18,000	0.5584	10,040	59,120	0.13587	8,040	13,587	21,627
11	20,000	0.5268	10,520	69,640	0.12679	8,840	12,679	21,519
12	22,000	0.4970	10,920	80,560	0.11928	9,620	11,928	21,548
13	24,000	0.4688	11,200	91,760	0.11296	10,360	11,296	21,656
14	26,000	0.4423	11,480	103,240	0.10758	11,120	10,758	21,878

(P/F, i, n) = Factor de valor actual

(A/P, i, n) = Factor de recuperación de capital

En el cuadro se observa que el año que denota el costo anual total - equivalente mínimo es el 11, luego la vida económica del activo en es

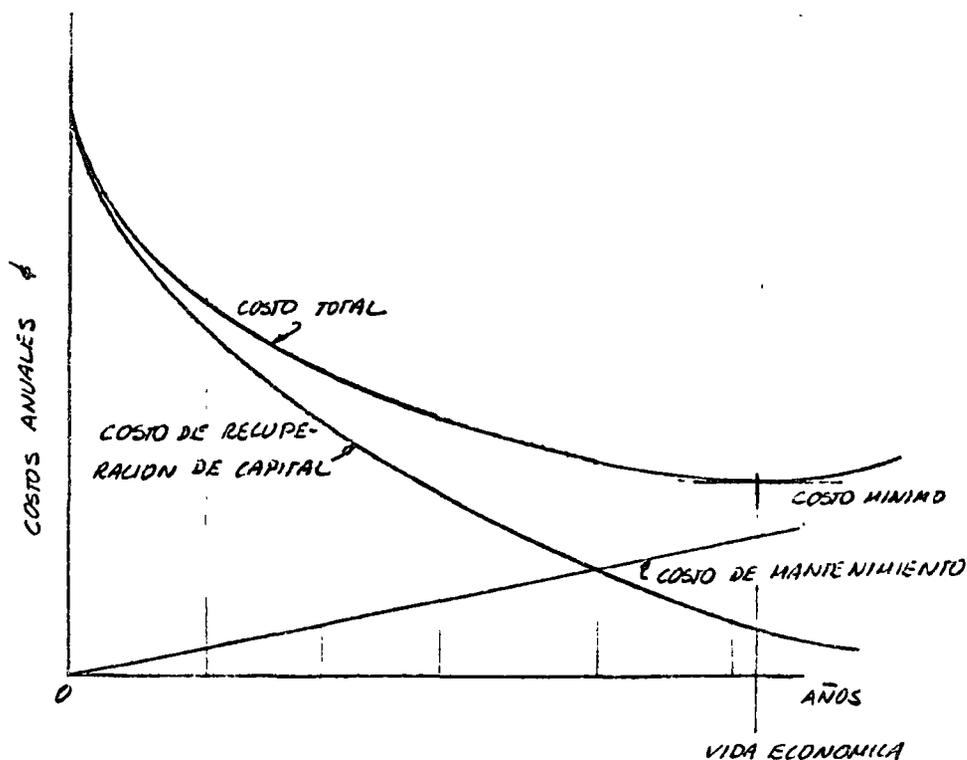
tudio es de 11 años.

Aplicando la fórmula deducida anteriormente para determinar la vida económica ($n = \sqrt{\frac{2P}{r}}$) se tiene lo siguiente:

$$n = \sqrt{\frac{2 \times 100,000}{2000}} = 10 \text{ años}$$

Se contempla una discrepancia entre la vida determinada en el cuadro con la estimada por fórmula, sin embargo, puede considerarse como un indicador bastante aproximado de la vida económica de un activo integrando el parámetro interés.

En forma esquemática se puede determinar la vida económica de un activo, graficando sus costos totales anuales equivalentes para cada año como se indica a continuación:



Lo anterior hace que el análisis de reemplazo sea sensible a los es timativos de vida utilizados en los estudios de reemplazo de equipo,

Debe observarse que un aumento de ingreso tiene el mismo efecto que una disminución en costos, y que ni Q ni b incluyen el agotamiento físico.

De acuerdo a los criterios de costo amortizado de capital, se ha observado que un activo conviene tenerlo operando indefinidamente para así acercarse al costo mínimo de recuperación de capital. Sin embargo, conforme al ahorro anual en los costos de operación, se tendría que reemplazar el activo anualmente. En el siguiente cuadro se establecen los costos anuales asociados a la posibilidad de mantener operando indefinidamente un activo, y comparativamente el reemplazo anual del equipo sobre las bases antes citadas.

COSTOS POR AÑO

AÑO	REEMPLAZO ANUAL (I)	SIN REEMPLAZO (II)	DIFERENCIA (I)-(II)
1	$P + Q$	$P + Q$	$P - P$
2	$P + Q - b$	Q	$P - b$
3	$P + Q - 2b$	Q	$P - 2b$
4	$P + Q - 3b$	Q	$P - 3b$
5	$P + Q - 4b$	Q	$P - 4b$
⋮			
n	$P + Q - (n-1)b$	Q	$P - (n-1)b$

Del cuadro se puede concluir:

1. El reemplazo se justificará en el momento que $(n-1)b > P$
2. La diferencia entre las posibilidades I y II es máxima cuando $(n-1)b$ es mínimo.

Integrando el parámetro interés al flujo de efectivo el cuadro anterior se desarrollaría como el indicado en el punto anterior para costos de mantenimiento uniformemente crecientes.

Se debe observar que los "costos" empleados con "b", no son realmente costos en efectivo, sino que representan costos comparativos.

9.3. VIDA ECONOMICA DE UN ACTIVO CON COSTOS CRECIENTES DE MANTENIMIENTO Y ANTIGÜEDAD. -

Este inciso presenta la situación combinada de los puntos anteriores 9.1. y 9.2. Partiendo de la base de valor constante, se considera un equipo con costo inicial P, costo de mantenimiento Q en su primer año, e incrementos graduales año con año de m, valor de salvamento nulo, y un costo anual por antigüedad al no reemplazar el equipo de b, que comienza a registrarse en el segundo año. Alternativamente se tiene -- una serie de substitutos que son reemplazados anualmente, con costo -- inicial de P, valor de salvamento nulo y costo de mantenimiento Q. Como se observó anteriormente la cantidad b no es una erogación en efectivo, sino es un costo de oportunidad por no reemplazar el equipo en uso, en este sentido b se aplica de igual manera que en el inciso 9.2.

El cuadro a continuación muestra los costos anuales, primero para la alternativa de mantener el equipo original, y segundo los correspondientes al reemplazo anual del equipo en uso.

COSTOS ANUALES

AÑO	SIN REEMPLAZO (I)	CON REEMPLAZO ANUAL (II)	DIFERENCIA (II) - (I)
1	P + Q	P + Q	P - P
2	Q + m	P + Q - b	P -(b+m)
3	Q + 2m	P + Q - 2b	P -2(b+m)
4	Q + 3m	P + Q - 3b	P -3(b+m)
=			
=			
n	Q + (n-1) m	P + Q - (n-1)b	P-(n-1)(b+m)

Al igual que en el inciso anterior el reemplazo del equipo en uso, está condicionado a que $(n-1)(b+m) > P$.

Por otro lado la vida económica del equipo que se propone reemplazar se determina de la misma manera como para el caso de costos de mantenimiento crecientes. Apoyándose en este hecho la ecuación de costo total medio anual queda:

$$C_n = \frac{P}{n} + Q + \frac{(b+m)}{2} (n-1)$$

derivando con respecto a n

$$\frac{dC_n}{dn} = -\frac{P}{n^2} + \frac{b+m}{2}$$

igualando a cero y despejando n queda:

$$n = \sqrt{\frac{2P}{b+m}}$$

si b se puede expresar como función lineal de m en la siguiente forma: $b = rm$ donde r es un constante, se puede sustituir en la expresión anterior teniéndose lo siguiente:

$$n = \sqrt{\frac{2P}{rm+m}}$$

$$n = \frac{1}{\sqrt{r+1}} \sqrt{\frac{2P}{m}}$$

Asignando algunos valores a r se tiene lo siguiente:

r	0	0.25	0.5	0.75	1	2	3
$1/\sqrt{1+r}$	1	0.894	0.816	0.756	0.707	0.577	0.500

Del cuadro se puede concluir que a medida que la relación r entre b y m crezca (antigüedad en relación a mantenimiento) la vida económica de un activo decrece.

La utilización del enfoque que se acaba de tratar para determinar la frecuencia de reemplazo de los futuros sustitutos es una parte integral del enfoque MAPI (Machine and Allied Products Institute) para ese fin. Este enfoque supone implícitamente, diferentes flujos de efectivo para los sustitutos futuros.

10. DIREFENTES TIPOS DE PROBLEMAS DE REEMPLAZO.

Los problemas de reemplazo pueden en mayor o menor grado implicar los antecedentes que se han venido tratando. En términos generales se --

puede identificar varios tipos de problemas de reemplazo:

- Reemplazo por insuficiencia,
- Reemplazo por mantenimiento excesivo,
- Reemplazo por eficiencia decreciente,
- Reemplazo por antigüedad,
- Reemplazo por una combinación de factores.

10.1. REEMPLAZO POR INSUFICIENCIA.-

Un equipo en magníficas condiciones de operación puede en un momento dado, representar una capacidad insuficiente para las necesidades que se tienen de sus servicios. Por tal motivo, para lograr la capacidad necesaria se puede caer en cualquiera de las siguientes posibilidades:

- 1a. aumentar la capacidad en el equipo existente, siempre y que ésto sea posible,
- 2a. Complementar el equipo en uso, con otro que permita con esa capacidad adicional, lograr la capacidad requerida.
- 3a. Substituir el equipo por otro que cumpla con las necesidades de capacidad.

Obviamente las tres posibilidades antes citadas, junto con la condición de no aumentar la capacidad y tener un costo de oportunidad por insuficiencia, constituyen las alternativas a analizar, de entre las cuales, debe obtenerse aquella que represente la condición económica.

Sea el ejemplo de un motor de 10 HP que resulta de capacidad insuficiente. Este motor costó un año atrás \$ 9,660.00, tiene costo de mantenimiento anual de \$ 805.00 y su nivel de eficiencia es de 86%. El motor actual puede complementarse con otro igual de 10 HP que costaría \$ 10,120.00, sus costos de mantenimiento se estiman también en \$ 805.00 por año y su nivel de eficiencia en 86%.

Alternativamente se puede reemplazar el motor en uso por otro de 20 HP con un costo de \$ 17,940.00, costos anuales de mantenimiento \$ 1150.00 y nivel de eficiencia de 89%.

En la adquisición del motor de 20 HP, se puede tomar a cuenta el de 10 HP por \$ 6,210.00. Se desea determinar qué conviene hacer, considerando para los motores una vida útil de 10 años, una operación anual de 2000 horas y un costo promedio del Kwh de \$ 0.50, adicionalmente se considera que la tasa de interés mínima atractiva es del 12%. El valor de recuperación de los motores es del 20% de su valor original.

ALTERNATIVA I Compra del motor adicional

MOTOR DE 10 HP en uso

Recuperación del capital	$(6210-1932)(A/P,12,10) + 1932(0.12)$	
	$(4278)(0.1770) + 1932(0.12) =$	\$ 989.05
Costo por consumo de energía	$\frac{10}{0.86} \cdot 0.746 \times 0.50 \times 2000 =$	8,674.42
Costo anual de mantenimiento		<u>805.00</u>
	TOTAL	= <u>\$10,468.47</u>

MOTOR DE 10 HP nuevo

Recuperación del capital	$(10120-2024)(0.1770)+2024(0.12)=$	\$ 1,675.87
Costo por consumo de energía	$\frac{10}{0.86} \cdot 0.746 \times 0.50 \times 2000 =$	8,674.42
Costo anual de mantenimiento		<u>805.00</u>
	TOTAL	= \$11,155.29
COSTO ANUAL TOTAL DE LA ALTERNATIVA I		= 21,623.76

ALTERNATIVA II Reemplazo por motor de 20 HP

Recuperación del capital	$(17940-3588)(0.1770)+3588(0.12)=$	\$ 2,970.86
Costo por consumo de energía	$\frac{20}{0.89} \cdot 0.746 \times 0.50 \times 2000 =$	16,764.04
Costo anual de mantenimiento		= <u>1,150.00</u>
COSTO ANUAL TOTAL DE LA ALTERNATIVA II		= <u>\$20,884.90</u>

Se observa que conviene bajo las circunstancias descritas, reemplazar el motor de 10 HP por el de 20 HP.

10.2. REEMPLAZO POR MANTENIMIENTO EXCESIVO.-

Las partes de una máquina en muy pocas ocasiones se deterioran al mis

mo tiempo; es práctica normal y económica reparar muchos tipos de activos para mantener su utilidad. Algunas de las reparaciones son rutinarias y de poca monta, y otras son periódicas y costosas. Una reparación periódica de importancia en general no se considera mientras no tenga la finalidad de prolongar la vida de un activo. Esta práctica es válida aún en los casos de mantener un programa de mantenimiento preventivo. Antes de realizar un desembolso en reparaciones mayores con el objeto de prolongar la vida de servicio de un activo, resulta conveniente hacer un cuidadoso análisis para determinar si el servicio requerido puede ser realizado más económicamente con otras alternativas.

En algunas clases de activos, las necesidades de mantenimiento van aumentando con su edad; en un principio su mantenimiento fue reducido y paulativamente se incrementa conforme pasa el tiempo, llegando a un punto donde resulta más económico reemplazar que continuar efectuando reparaciones.

Ejemplo: Sea el caso de un camino vecinal con una longitud de 2 km. y 6 m. de ancho, que requiere trabajos de reparación mayor para mantenerlo en operación 3 años más. Para este fin se requiere una inversión de \$ 92,000.00; sus gastos anuales de mantenimiento se estiman en \$ 8,000.00. Alternativamente se propone el reemplazo del camino con un nuevo pavimento que significa una inversión de \$ 368,000.00 y se estima un costo de mantenimiento anual de \$ 2,800.00; su vida se calcula en 20 años. Con una tasa de interés mínima atractiva (TIMA) del 12% se desea determinar qué alternativa se contempla como más favorable. Ninguna alternativa tiene valor de salvamento.

1a. ALTERNATIVA

- Recuperación de Cap.	$92000(A/P, 12, 3) = 92000(0.4163)$	= \$ 38,300
- Costo de mantenimiento anual		= <u>8,000</u>
	COSTO TOTAL ANUAL	= <u>\$ 46,300</u>

2a. ALTERNATIVA

- Recuperación de Cap.	$368000(A/P, 12, 20) = 368000(0.1339)$	= \$ 49,260
- Costo de mantenimiento anual		= <u>2,800</u>
	COSTO TOTAL ANUAL	= <u>\$ 52,060</u>

Ventaja anual de la 1a. sobre la 2a. = \$ 5,760.00

Claramente se observa la conveniencia de seleccionar la 1a. alternativa.

10.3. REEMPLAZO POR EFICIENCIA DECRECIENTE.-

En términos generales, un equipo desarrolla su máxima eficiencia cuando está nuevo, y con el uso y la edad se va deteriorando gradualmente. Un motor de gasolina alcanza su máximo rendimiento después de un período de ajuste, posteriormente su rendimiento va disminuyendo a medida que sus partes se deterioran por el uso. Existen equipos en los cuales resulta económico reemplazar periódicamente algunas de sus partes, y mantenerlas en condiciones de operación con alto nivel de rendimiento durante largo tiempo. Otros por el contrario no permiten reemplazos parciales sino que obligan a una sustitución total. Cuando no es económico restaurar la eficiencia con trabajos de mantenimiento, se debe reemplazar a intervalos, la totalidad del equipo; tal es el caso de tubería para vapor que con el tiempo presenta incrustaciones y que disminuye su capacidad de transmisión, obligando a mayores costos de operación.

10.4. REEMPLAZO POR ANTIGÜEDAD.-

El reemplazo por antigüedad como ya se indicó anteriormente, se justifica en el momento que exista un equipo técnicamente más avanzado que permita operar en condiciones más económicas que las que ofrece el equipo en uso.

10.5. REEMPLAZO POR COMBINACION DE FACTORES.-

En la mayoría de los casos no es usual que exista una sola causa que lleve al reemplazo de los activos, sino que esto sucede como consecuencia de una combinación de factores. En términos generales todos los factores que influyen en un reemplazo de equipo están interrelacionados.

Independientemente de la o las causas que lleven a estudiar un reemplazo, el análisis y la decisión deben estar basados en estimaciones de lo que se prevé suceda a futuro, sin tomar en cuenta eventos pasados.

11. B I B L I O G R A F I A

- 1). TARQUIN A.J. & BLANK L.T.
ENGINEERING ECONOMY - A BEHAVIORAL APPROACH
Mc GRAW - HILL, INC. 1976

- 2). CANADA J.R.
TECNICAS DE ANALISIS ECONOMICO PARA ADMINISTRADORES E INGENIEROS
EDITORIAL DIANA 1977

- 3). THUESEN H.G., FABRYCKY W.J. y THUESEN G.J.
ECONOMIA DEL PROYECTO EN INGENIERIA
EDITORIAL PRENTICE / HALL INTERNACIONAL 1974

- 4). GRANT E.L. & GRANT IRESON W.
PRINCIPLES OF ENGINEERING ECONOMY
THE RONALD PRESS 5th. EDITION 1970

- 5). TAYLOR G.A.
INGENIERIA ECONOMICA - TOMA DE DECISIONES ECONOMICAS
EDITORIAL LIMUSA 1970
