

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"LA INGENIERIA INDUSTRIAL Y LAS FUNCIONES DEL INGENIERO QUIMICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO
PRESENTAN:

LUIS ANTONIO DE LA TORRE ANGELES
HECTOR ALEJANDRO VARGAS QUIROZ

1 9 7 8



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

... TESIS 1978 4113
... M. C. ~~420~~ 420
... FECHA
...
...



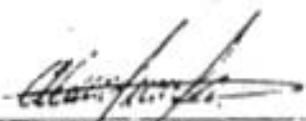
PRESIDENTE: ENRIQUE RANGEL TREVIÑO
VOCAL: SANTOS SOBERON SALGUEIRO
SECRETARIO: GILBERTO VILLELA TELLEZ
1er. SUPLENTE: ALFONSO FRANYUTTI ALTAMIRANO
2o. SUPLENTE: J. EDUARDO MUÑOZ ESTRADA

FACULTAD DE QUIMICA

U.N.A.M.

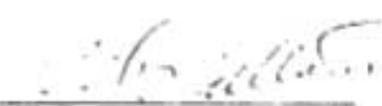


LUIS ANTONIO DE LA TORRE ANGELES



HECTOR ALEJANDRO VARGAS QUIROZ

ASESOR DEL TEMA:



GILBERTO VILLELA TELLÉZ

La culminación de este trabajo, nos representa la terminación de un obj-etivo muy importante en nuestra -- vida familiar, intelectual, y pro-fesional; así como también, es un -- nuevo punto de partida, para otros -- objetivos. Motivo por el cual, con-sideramos que este trabajo, es la -- mejor forma de agradecer a todas -- las personas que, de alguna u otra -- manera intervinieron en nuestro de-sarrollo, y muy especialmente a -- nuestros padres.

A mí padre, José Vargas Quiroz,
quien desgraciadamente no alcan-
zó a ver terminado este trabajo.
Toda mi admiración y gratitud.

A.V.Q.

A mi esposa e hijo, por su
apoyo y comprensión.

L.T.A.

A Lupita, por el esfuerzo,
la dedicación y paciencia
que nos tuvo en este tra-
bajo.

Al Ing. Gilberto Villela
por su valiosa colabora-
ción.

INDICE

	<u>Pag. No.</u>
I. <u>OBJETIVOS</u>	1
II. <u>INTRODUCCION A LA INGENIERIA INDUSTRIAL</u>	4
1. Definiciones.	5
2. Historia de la Ingeniería Industrial.	8
III. <u>ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION</u>	28
1. Planeación de los Sistemas de Producción.	29
1.1 El Presupuesto,	30
1.2 Interpretación de Costos en la Toma de Decisiones.	35
1.2.1 Diagramas del Punto de Equilibrio.	37
1.2.2 Valor Presente del Dinero.	51
1.2.3 Criterios usuales para Comparación de Alternativas Económicas.	53
1.3 Métodos de Programación de Recursos.	65
1.3.1 Programación Lineal.	65
1.3.2 Ruta Crítica (PERT/CPM).	104
2. Análisis de los Sistemas de Producción.	144
2.1 El Hombre.	145
2.1.1 Motivación.	151
2.1.2 Entrenamiento.	154
2.1.3 Relaciones Humanas.	173
2.1.4 Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.	190
2.1.5 Distribución de Planta.	200
2.1.6 Seguridad.	227

2.2	Estudio de Tiempos y Movimientos: Los Métodos.	249
2.2.1	Análisis del Producto.	263
2.2.2	Análisis del Hombre.	278
2.2.3	Diagramas de Operación.	296
2.2.4	Diagramas Hombre-Máquina.	313
2.2.5	Análisis de Micromovimientos y Memomovimientos.	337
2.2.6	Economía de Movimientos.	357
2.3	Estudio de Tiempos y Movimientos: La Medición.	362
2.3.1	Estudio Directo de Tiempos por Muestreo Intensivo.	382
2.3.2	Sistemas de Tiempos Predeterminados.	425
IV.	<u>ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION</u>	440
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	455
VI.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	459

I. OBJETIVOS

Durante el período comprendido entre los años de 1965 y 1976, - la Industria de la transformación en México ha evolucionado con un ritmo medio de crecimiento del orden de 20.0% (1) anual, situación que ha implicado un incremento en sus diversas necesidades, dentro de las que se encuentra no disponer con personal cada vez más adiestrado y preparado en las diferentes actividades operacionales y administrativas.

De acuerdo a lo anterior se puede afirmar que las actividades - del Ingeniero Químico ya no tan sólo se encausan al diseño, montaje, arranque y operación de los diversos procesos Físico-Químicos, que requieren las Industrias productoras de bienes de - consumo intermedio o final, ya sean grandes, medianas o pequeñas; sino que a la par de éstas se debe enfocar a la operación y administración de la producción con el fin de obtener el máximo de beneficios para la Empresa. Para poder llevar a cabo exitosamente estas actividades, es necesario que el Ingeniero Químico adquiera los conocimientos comprendidos dentro de la disciplina denominada Ingeniería Industrial.

En base a lo anterior, el objetivo de este trabajo es dar un panorama amplio de un área muy importante de la Industria que es la Ingeniería Industrial, la cual implica la operación y la administración de los recursos con que se cuenta en toda Industria como son los recursos humanos, materiales y económicos.

(1) Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química 1976.

En términos generales, se puede decir que el objetivo dentro del renglón Hombre está el mejorar las relaciones humanas entre los trabajadores, crear un ambiente agradable de trabajo, mejorar los métodos de operación y motivar al personal a fin de lograr una mayor productividad; aspectos que benefician tanto a los trabajadores como a la Empresa. En lo referente a maquinaria y equipo, así como a los materiales, el objetivo consiste en obtener el máximo aprovechamiento de estos recursos a lo largo de los procesos de manufactura, a través de aspectos tan importantes como son: la planeación de la producción, el manejo de los materiales, el mantenimiento de equipo, etc.

Es de señalar, que los aspectos anteriores deben manejarse desde el punto de vista de minimización del tiempo, esfuerzo y dinero, lo cual es un objetivo muy importante de todo Ingeniero Químico, es decir, alcanzar la reducción de costos sin sacrificar la buena calidad de los productos, y obtener cada vez mayor producción y mejores productos al mínimo costo.

II. INTRODUCCION A LA INGENIERIA INDUSTRIAL

1. Definiciones de Ingeniería Industrial

- a. La Ingeniería Industrial está implicada con el diseño, mejoramiento e instalación de los sistemas integrados de hombres, materiales y equipo. Se enfoca hacia el conocimiento y habilidad especializados de las ciencias físico-matemáticas y sociales junto con los principios y métodos de análisis y diseño de Ingeniería para especificar, predecir y evaluar los resultados que serán obtenidos de tales sistemas. (1)
- b. La Ingeniería Industrial es la aplicación de los procedimientos de dirección técnica a todos los factores - (incluyendo el factor humano) que intervienen en la fabricación y distribución de los productos y aplicación de los servicios. (2)

(1) American Institute of Industrial Engineers, Octubre, 1975.

(2) H. B. Maynard, Industrial Engineering "Enciclopedia Americana" American Corporation, Vol. 15, - 1953.

Estas definiciones se pueden representar gráficamente por medio del siguiente diagrama:

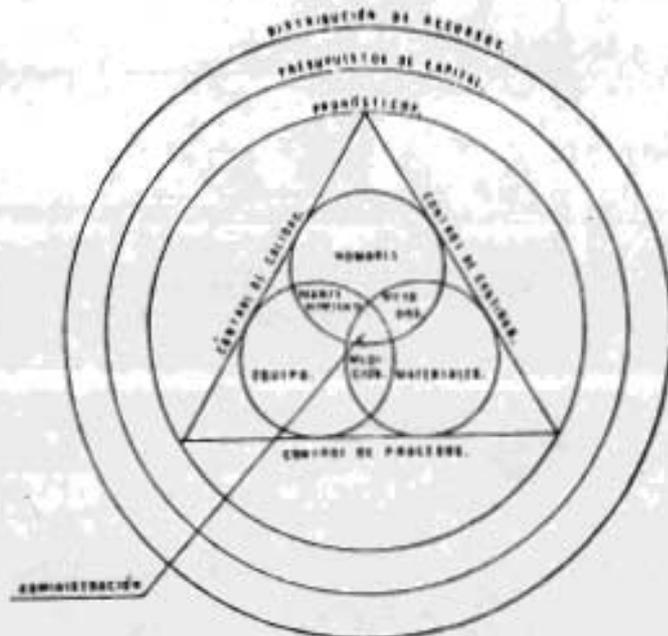


FIGURA 1.

La Ingeniería Industrial está íntimamente asociada con los sistemas de producción. Nosotros interpretamos un sistema de producción como un proceso por medio del cual los elementos son transformados en productos útiles.

Materias Primas → Proceso → Producción

Materiales → Equipo → Productos

Datos → Evaluación → Cambios al sistema
e información

2. Historia de la Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial comenzó como tal al inicio de la revolución industrial, es decir, tan pronto como el hombre compaginando sus aficiones mecánicas con su inclinación científica y estando en contacto con los problemas de dirección, comenzó a aplicar métodos analíticos completados con experiencias racionales a los problemas de la organización humana, que hasta entonces había sido gobernada casi exclusivamente por la costumbre.

El primer impacto de la revolución industrial tuvo lugar en la industria textil algodonera británica, en los principios del siglo XVIII; comenzando por el recambio de los tornos de hilar y telares de mano y también aplicando dispositivos mecánicos que utilizaban el agua como fuerza motriz. Uno de los hombres más sobresalientes de este período fue Sir Richard Arkwright (1732-1792).

Posteriormente las máquinas tuvieron como fuerza motriz el vapor, con el cual los procesos técnicos pudieron acelerarse. Estos avances se asocian al nombre de James Watt, aún cuando no fue el creador de la máquina de vapor, su invención del condensador independiente mejoró el viejo motor de Newcomen, que lo convirtió virtualmente en una nueva máquina. Posteriormente Watt en 1775 se asoció con Matthew Boulton, un notable emprendedor y director de empresas. Este grupo de empresarios en 1770 dispuso que "se

manalmente tendrían lugar reuniones entre los socios y directores de la fábrica para examinar el estado de la organización de la empresa; precios y otros asuntos relacionados con la fabricación, que deberían ser sometidos a discusión, para establecer una política económica". Son fáciles de comprender las causas que motivaron el éxito de su famosa asociación. Mientras duró la patente de Watt, los socios tenían un monopolio y obtenían un alquiler anual de las máquinas que instalaban. Quedó para sus hijos, Matthew Robinson Boulton y James Watt, hijo, dotados ya de formación técnica, la labor de organizar firmemente la competencia y establecer la primera fábrica de máquinas en la historia del mundo. Fue en 1795 cuando tuvo lugar la evolución. Uno de sus principales contratistas violó el secreto de la patente, lo que anticipó su terminación. Decidieron construir su propia fundición. La generación siguiente fue haciéndose cargo progresivamente del negocio, y así alcanzaron evidentemente el punto culminante de la lucha. Heredaron muchas ventajas, pero tuvieron también la visión y el empuje necesario para planear y llevar a cabo los cambios precisos para que, aprovechando dichas ventajas, se convirtiesen sus primeras instalaciones en una completa y moderna planta de fabricación, adelantada cien o ciento cincuenta años a su tiempo. Su sistema de costos, por ejemplo, exigía el manejo de veintidós libros de contabilidad que, como en cualquier planta moderna; dicho registro

tenía por objeto ayudar a la dirección a averiguar los despilfarros y eficiencias.

Matthew Robinson Boulton y James Watt, hijo, ocupan un lugar destacado en los orígenes históricos de la Ingeniería Industrial.

Otra figura de este período inicial fué Charles Babbage - (1792-1891). No fué prácticamente un Ingeniero Industrial ya que parte de su vida fué profesor de matemáticas en Inglaterra, pero estuvo siempre ligado al movimiento de investigación científica que por entonces se extendía sobre Gran Bretaña. Debió poseer cierta habilidad mecánica puesto que dedicó gran parte de su tiempo al desarrollo de una máquina de calcular que llamó "máquina diferencial", la cual no llegó a terminar. La única aplicación práctica - que pensó darle fué para el cálculo de las tablas de seguros de vida. En el curso de sus experimentos, Babbage visitó gran número de fábricas, tanto en Gran Bretaña como - en el continente Europeo. No hay evidencia de que Federico Winslow Taylor, (principal iniciador de la Ingeniería - Industrial) conociera el trabajo de Babbage. Este anticipó muchas de las teorías de Taylor, estaba seguro de la posibilidad de establecer principios de carácter general para orientación de los directores de la empresa. Captó las posibilidades, y algunos inconvenientes del estudio de - tiempos y mantuvo correspondencia con el francés Coulomb - sobre estos aspectos. Comprendió el valor de los formula-

ríos impresos normalizados para recoger la información durante las investigaciones e hizo imprimir un modelo preparado por él. Uno de sus documentos más importantes fué el análisis de las operaciones y costos en la fabricación de alfileres. Babbage desarrolló un procedimiento de operación especializado que constaba de 7 operaciones básicas para la fabricación de pagos para estas diferentes operaciones y la cual se muestra a continuación.

ANALISIS DEL PROCESO Y COSTOS DE MANUFACTURA
EN LA FABRICACION DE ALFILERES

ORDEN DE LA OPERACION	TRABAJADOR	TIEMPO DE EJECUCION DE LA OPERACION (MIN.)	COSTO POR UNIDAD DE PRODUCTO	SALARIO DEL TRABAJADOR POR HORA	CANTIDAD DE PRODUCTOS	COSTO DE FABRICACION DE UN PRODUCTO EN LA OPERACION DE PRODUCTOS
1. Preparar alfileres	trabajador	0.3000	0.1700	0	0	0.1700
2. Preparar el alfiler	trabajador	0.3000	0.1700	0	0	0.1700
3. Afilar punta	trabajador	0.3000	0.1700	0	0	0.1700
4. Bucleo y corte de la punta	trabajador	0.3000	0.1700	0	0	0.1700
5. Retorno de alfiler	trabajador	0.3000	0.1700	0	0	0.1700
6. Bucleo y limpieza	trabajador	0.3000	0.1700	0	0	0.1700
7. Control de pago	trabajador	0.3000	0.1700	0	0	0.1700
		2.1000	1.1900			1.1900

El entonces señaló que si el negocio fuera reorganizado de tal forma que cada hombre realizara la secuencia de la operación totalmente, el pago de salario de estos hombres sería fijado en base a la mayor dificultad o a la operación que requiera más habilidad dentro de la secuencia completa. En adición a los beneficios de la productividad, citados por Babbage y Adam Smith, el cual fué otro iniciador de la divisionalización de los procesos, reconocieron el principio de la operación limitante para el pago de salarios.

En los años posteriores a las observaciones de Adam Smith y Charles Babbage, la división de los procesos continuó y se aceleró durante la primera mitad del siglo XX. Las grandes líneas de producción representan el principio de división de los procesos llevados a su más grande extremo; éstos han sido llevados tan lejos que algunas personas se están preguntando el nivel de aplicación presente. Las reducciones de costo basadas sobre una gran extensión de empleos, está siendo reportada en la literatura. Un hombre que aún ha estado asociado a esta nueva tendencia,

Frederick W. Taylor fué indudablemente la figura histórica predominante en el desarrollo del campo de la administración de la producción. Smith y Babbage fueron observadores y escritores pero Taylor fue un pensador y un realizador el cual llevó a cabo grandes contribuciones. La práctica del día fue permitir a los trabajadores que decidieran por ellos mismos los medios por los cuales la produc-

ción sería alcanzada. Ellos determinaron como producir -
cierta parte de acuerdo a sus habilidades y experiencias -
pasadas; y el tiempo y costo de la producción fueron guia-
dos por métodos tradicionales. Taylor estuvo familiariza-
do con estas prácticas porque él entró al sistema indus- -
trial como trabajador. El avanzó rápidamente por lo que -
estuvo después en posición para realizar algunas de sus -
ideas. Para comprender la extensión de los resultados de
Taylor debemos entender que él empezó a eliminar la apatía
general en el medio administrativo, ya que existían fuer-
tes tradiciones y dando a los trabajadores "rienda suelta"
para determinar los métodos de manufactura y los derechos
para retener los conocimientos como conocimientos secretos.
En este ambiente estático, Taylor puso en movimiento una -
ola de cambios en la filosofía administrativa la cual sacu-
dió muchas organizaciones de arriba a abajo. Escencialmen-
te, la nueva filosofía de Taylor estableció que el método
científico podría y debería ser aplicado en todos los pro-
blemas de administración y que los métodos por los cuales
el trabajo fuera realizado, deberían ser determinados por
la administración a través de una investigación cientifi-
ca. El enlistó cuatro nuevos deberes de la administración,
los cuales pueden ser sumariados como sigue:

1. El desarrollo de una técnica para cada elemento del -
trabajo del hombre para reemplazar las viejas reglas -

de métodos manuales.

2. La selección científica, entrenamiento, y desarrollo - de los trabajadores, en lugar de la vieja práctica de permitir al trabajador escoger su propia tarea y entre narse él mismo como mejor pudiera.
3. El desarrollo de un espíritu de cooperación abierta en tre el trabajador y la administración para asegurar - que el trabajo sería llevado a cabo de acuerdo con los procedimientos científicamente dispuestos.
4. La división del trabajo entre los trabajadores y la ad ministración en casi igualdad de partes, cada grupo to mando el trabajo para el cual estuviera más preparado, sustituyendo las condiciones tradicionales en las cua- les la mayor parte del trabajo y responsabilidad recaí an sobre los trabajadores.

Estos cuatro puntos encabezan muchas ideas acerca de la or ganización administrativa y sólo una parte de la práctica organizacional de hoy en día, ya que la situación ad ministrativa ha tenido poca variación. El trabajo de Taylor en el punto número uno comprende el campo que se conoce como Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. En los últi mos años, esta área se ha expandido con la ayuda de experi

mentos psicológicos y fisiológicos. Ahora este campo es conocido como "Ingeniería Humana" y tiene una aplicación general, la administración de la producción. Los números dos y tres han desarrollado el campo de personal, con sus técnicas de selección y colocación del personal junto con la función de organizar las relaciones industriales. El punto cuatro, la división del trabajo entre el trabajador y la administración, ha tenido implicaciones de gran alcance. Las funciones básicas de la administración sobre planeación y control ahora cubren gran parte del trabajo que era hecho anteriormente por los trabajadores.

Taylor también es conocido por algunos experimentos que realizó en varias áreas como son organización básica de la producción, teoría del pago de salarios, procedimientos fundamentales para tareas como manufactura de aparatos metálicos, manejo de acero fundido y sistemas de transporte. También en conexión con estos experimentos, él descubrió el acero de alta velocidad en colaboración con Naunsel White; un descubrimiento que le hizo ganar dinero y le permitió dedicar gran parte del resto de su vida a promover su filosofía.

Taylor creyó que sus importantes contribuciones eran una filosofía general, que adaptó a los problemas administrativos, más bien que a cualquier descubrimiento específico. Aún cuando su última contribución fué meramente una aplicación de la administración científica a situaciones particu-

lares. La actitud intransigente de Taylor en el desarrollo e instalación de sus ideas causó mucha controversia y él fué fuertemente rebatido en muchas regiones. En el medio en el cual Taylor trabajó, quizás fué necesario tener un hombre de una recia personalidad para cambiar un sistema de forma de trabajo industrial.

Sus seguidores fueron numerosos: Carl Barth, Henry L. Gantt, Harrington Emerson, Frank y Lillian Gilbreth y otros que trabajaron dentro de la filosofía y cuadro general de Taylor. Hubo otros que le hicieron mucho daño sin tomarlo en cuenta y con el fin de obtener dinero fácilmente, estuvieron como consultores, aplicando el sistema Taylor. Por el mal manejo que estas personas le dieron a la administración científica, ellos retardaron el desarrollo en el campo de esta práctica. Un pequeño cambio ocurrió en las ideas básicas de Taylor, en virtud de que la literatura publicó una serie de falsedades y malas interpretaciones acerca de pensamientos manifestados por Taylor, algunos como los planes de pago de salarios, los métodos para estudio de tiempo, etc. Sin embargo la ciencia de la administración de la producción en la forma en que Taylor la enfocó, resultaba demasiado lenta para llevarla a cabo. Tal vez hubo muchas razones para ese lento desarrollo, en sí, los conocimientos y las técnicas no eran aún disponibles, las mediciones en sistemas de producción presentaban gran variación, por ejemplo: ¿Cuánto producto procesado -

esperaríamos saliera de una operación? La respuesta está sujeta a condiciones dependientes de la operación, de la persona, del trabajo y de las condiciones de trabajo, ya que para un hombre en particular sobre su tarea, nosotros podemos esperar gran variación de su productividad de hora en hora, día a día, etc. Para describir cada sistema se necesita de los conocimientos de la Estadística. Durante años, las personas trataron de aproximar tales problemas, representando la producción de un hombre o un sistema hombre-máquina por un sólo número, como fué común en la mayoría de los problemas de Ingeniería; este método sencillamente no se adaptó. En campos tales como Ingeniería Mecánica, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Química; en los cuales la variabilidad de las mediciones eran pequeñas y la determinación de modelos dió buenos resultados; sin embargo en los problemas de producción, aunque la variabilidad fué característica. Hoy con los conocimientos generales de estadística y los conceptos de probabilidad y su aplicación a los problemas de producción, nuestros modelos de sistemas de producción están más cercanos a la realidad que antes.

Otro gran problema serio que tuvieron los investigadores - en el período posterior a Taylor fué la complejidad de los problemas que aparecieron a escala mayor. Esto significó que todas las variables de cualquier problema fueran completamente independientes. Y fué obvio que las técnicas -

matemáticas fueran necesitadas, pero ninguna fué aprovechable para dar las soluciones requeridas. Aún si fueran aprovechables, el tiempo requerido para desarrollar las soluciones de una forma manual hubiera sido enormemente grande. Las modernas calculadoras de alta velocidad fueron requeridas, pero éstas no fueron aprovechadas hasta los años 50's, aún para las más grandes y fuertes compañías. Un intento de análisis matemático fué hecho en 1915 por F. W. Harris, quien desarrolló el modelo del tamaño económico de un lote para una situación simple. Este fué desarrollado más detalladamente por F. E. Raymond y otros, pero la aplicación de la idea en la industria no fué general.

EPOCA CONTEMPORANEA

La corriente presente de actividad en el campo general de la producción fué precedida por dos desarrollos en los años 30's los cuales ayudaron a fijar el camino a seguir para el futuro. Estos fueron el desarrollo y la introducción a la industria del control de calidad estadístico por Walter Shewhart en 1931, y el desarrollo en 1934 de la teoría para el muestreo del trabajo (este es un procedimiento para determinar estándares en demoras, tiempo de trabajo, etc.) por L. H. C. Tippett, quien trabajó en Inglaterra. Los conceptos de Control de Calidad Estadístico crecieron rápidamente y la aplicación de los conceptos de probabilidad para el control de la calidad del producto vinieron de una forma general, especialmente en los inicios de la Segunda Guerra Mundial. La aceptación de los conceptos básicos de muestreo, tablas de control, etc. por trabajadores, supervisores, y la administración fué un desarrollo preliminar importante para el período que vino después de la guerra. El procedimiento de un muestreo del trabajo de Tippett permaneció inactivo durante casi 20 años, hasta que finalmente fué desempolvado por algunas compañías progresistas que lo pusieron a funcionar en los años 50's. Hoy se usa extensamente y muy probablemente continuará creciendo y desarrollándose.

La fuente de desarrollo de la nueva corriente de la teoría y la técnica de la Administración de la producción se inició en la Segunda Guerra Mundial. La investigación en las operaciones de guerra por las fuerzas armadas, produjo nuevas técnicas matemá-

ticas y de computación y también trajo conocimientos de cómo - aplicar viejas técnicas a los problemas de operación en la guerra. La semejanza de los problemas de operación en la producción armamental hizo que estas técnicas se fueran aplicando a las industrias civiles. Un desarrollo significativo fué la introducción de la Programación Lineal, esta fue la última herramienta matemática básica capaz de manejar muchos de los problemas complejos de programación y asignación de recursos a los sistemas de producción. Pero más importante fué el desarrollo de las computadoras de alta velocidad, las cuales hicieron posible la solución de grandes problemas de programación lineal.

La programación lineal sin la ayuda de las computadoras habría tenido un campo muy limitado de aplicación. Otras aproximaciones matemáticas fueron desarrolladas; teoría de tiempos de espera, las cuales han sido usadas algunas veces en la Industria de Sistemas Telefónicos, en encontrar aplicaciones de las líneas de producción, en puestos de herramientas en mantenimiento de equipos, etc. Ahí se desarrollaron modelos de inventarios nuevos y más realistas, que incluyeron variabilidad, incertidumbre de la demanda y otras condiciones. Modelos de reemplazo, mantenimiento, prioridades, todas estas adicionadas a la tendencia general de formalizar los problemas de producción.

La aparición de las computadoras como una poderosa herramienta, y no como una idea para realizar las tediosas tareas del cálculo; los sistemas de producción pudieron ser simulados y refinados dentro de condiciones reales. Si un sistema complejo fuera

simulado en una computadora, el efecto de las alternativas podría ser determinado rápidamente sin el costo y tiempo de poner las proposiciones en práctica. Sobre una gran escala, la simulación ha sido hecha en los juegos de decisiones en los negocios desarrollados por la AMA, UCLA, y otros. Día a día las compañías progresistas van simulando sus operaciones en las computadoras, con lo que las decisiones pueden ser tomadas antes de que la acción sea determinada. La computadora también ha contribuido al nuevo campo de la automatización; aquí la computadora es programada para controlar las máquinas durante sus ciclos completos, sin el auxilio de la mano del hombre. Estos desarrollos tienen un gran significado, tanto social, como económico. Conforme la tecnología crece en este campo, las computadoras programarán numéricamente los sistemas de máquinas controladas de acuerdo a las cédulas programadas por computadora. Un último resultado será la muy mencionada "Fábrica Automática". Muchas industrias se encuentran muy cerca de esta etapa; por ejemplo, en las industrias químicas de proceso continuo como son las Industrias Jaboneras o Petroquímicas, en las que el proceso de control automático es común y la mayor parte de la mano de obra es de una forma indirecta o de vigilancia.

Una consecuencia final de la guerra fué la atención dada a los factores humanos. Esto resultó de los problemas que causó la gran demanda de personal para los puestos de los sistemas de radar y sonar, vuelos supersónicos y de alta velocidad. Los investigadores sobre Psicología y Fisiología fueron utilizados pa

ra ayudar en el diseño de sistemas considerando la capacidad humana de vista, oído, tacto, olor y destreza mecánica, también - como la tolerancia humana a los factores ambientales tales como calor, luz, radiación y ruido. Un gran volumen de datos fueron reunidos, aunque los factores del esfuerzo humano en los negocios e industria son usualmente menos severos que los experimentados en la guerra; conceptualmente los problemas son los mismos, esto es, para diseñar las tareas y los sistemas de producción es necesario reconocer las limitaciones del operador y tomar ventaja de la capacidad humana. El campo ahora llamado Ingeniería Humana, factores humanos o Biotecnología proporcionan los datos básicos para el diseño de empleos. La Ingeniería Humana es la consecuencia del estudio de movimientos originalmente desarrollados por los Gilbreth, sólo que este concepto es - más amplio que el estudio de movimientos y acepta un gran conjunto de criterios, tales como: frecuencia de error, y costos psicológicos y fisiológicos, también como los más antiguos criterios de economía de movimientos y costos de mano de obra.

ESTADO ACTUAL DE LA INGENIERIA INDUSTRIAL.

Casi dos siglos han pasado desde Adam Smith, ¿Qué hemos aprendido acerca de la administración de la producción en este tiempo? ¿Dónde están nuestros conocimientos actualmente? Evaluando el pasado, podemos decir que los resultados hablan por sí solos. La productividad y la capacidad total productiva se han expandido tremendamente. Durante este período, la administración de la producción se ha desarrollado enormemente como una ciencia empírica aplicada. Durante estos 200 años hemos respondido a la expansión del mercado y al crecimiento de grandes negocios, a la división de las tareas y a la progresiva mecanización, con el objetivo de tomar ventaja económica que ofrece la producción a gran escala. A través de estos años, hemos aprendido a diseñar mejores lugares de trabajo, mejores equipos de proceso y mejores edificios para las actividades productivas. Se han creado líneas de producción y máquinas automáticas. Hemos aprendido los principios básicos de economía de la producción, con lo cual hemos aprendido a emplear la mano de obra, los materiales y las máquinas en un delicado balance para determinar los valores relativos del cambio de los componentes básicos de la producción. Hemos aprendido a controlar los sistemas de producción que se han diseñado, para que los productos o los servicios presenten estándares de calidad. La mayoría de estos desarrollos han ido evolucionando y se mejoraron los sistemas existentes a través de un proceso de prueba y error. Solamente en los últimos 20 años, se han empezado a evolucionar los principios.

que hacen posibles el diseño de medios de producción y sistemas de control, con algún grado de predicción a su realización. Esto es una medida verdadera de los conocimientos desarrollados - en la Administración de la Producción. Actualmente se están empezando a desarrollar respuestas a los problemas de aplicación limitada, sabiendo que el resultado es el mejor posible, o sea el resultado óptimo. Este es un progreso real e indica que la aplicación de la ciencia iniciada por Taylor continúa desarrollándose.

¿Dónde nos encontramos actualmente? En términos de administración de la producción, como ciencia aplicada, estamos en el inicio de una fase de rápido desarrollo. El incremento de conocimientos acerca de alguna área en particular es frecuentemente - relacionada a una curva de crecimiento y saturación, donde el desarrollo inicial fué lento y difícil; y conforme se tienen pequeños conocimientos, la curva crece aceleradamente a la fase de desarrollo rápido y finalmente, el nivel disminuye conforme se aproxima al nivel de saturación. En la figura 2. se muestra la curva de crecimiento de la administración de la producción. En los años venideros aumentará la extensión de los problemas - para los cuales se deben encontrar soluciones óptimas probables. La teoría de los sistemas de producción será penetrante y abarcará sistemas integrados en su totalidad y no sistemas segmenta

(Fig. 2. en la siguiente página).

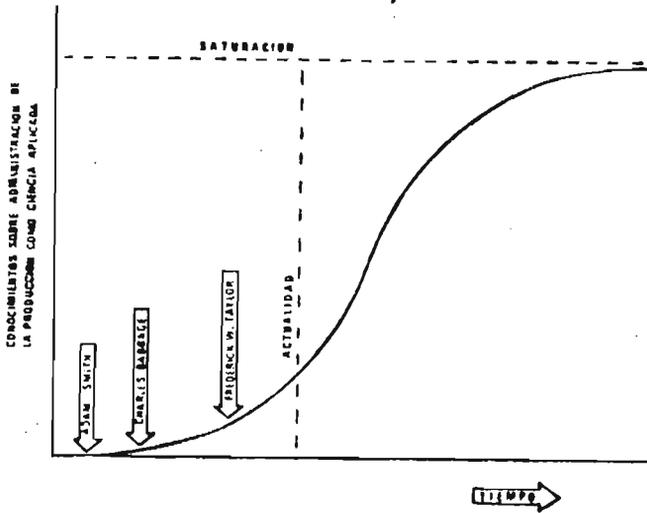


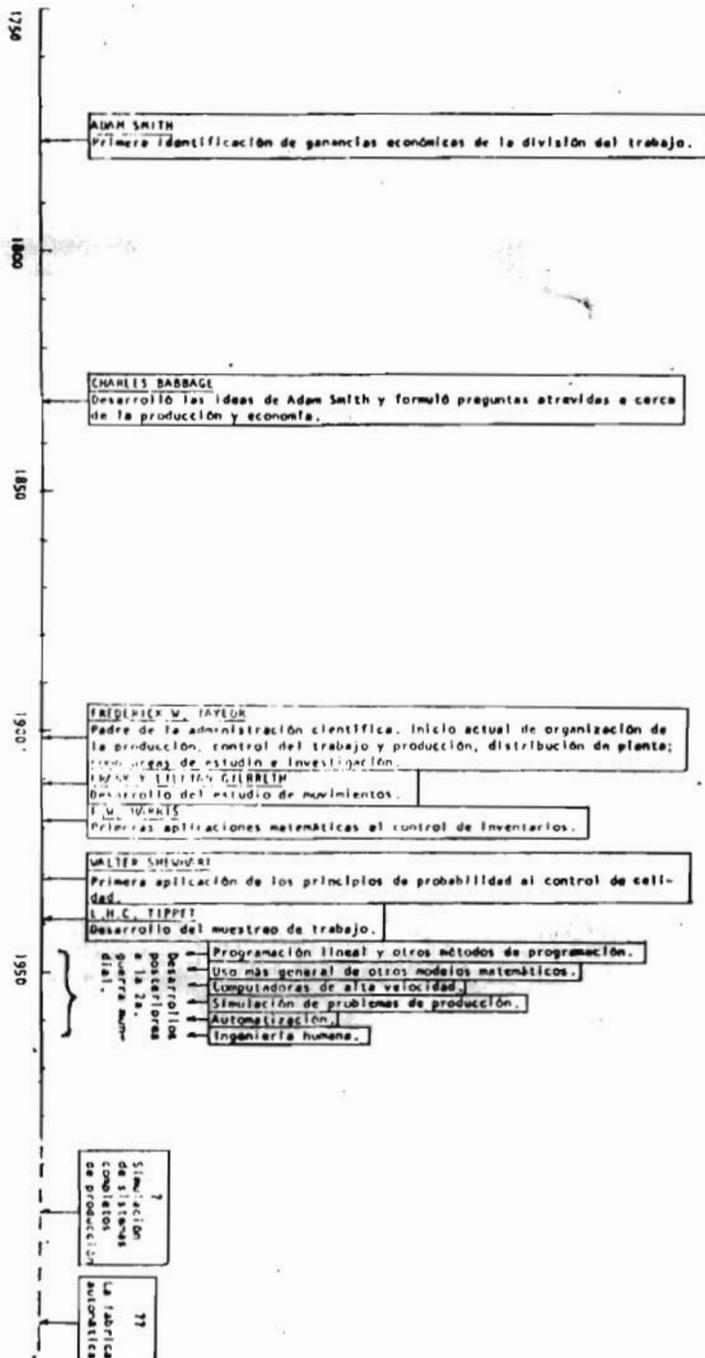
FIGURA 2.

dos; la habilidad para diseñar los medios y los sistemas de control con características predecibles se incrementará. El uso de las computadoras para simular los sistemas vendrá a hacer una práctica común, tanto como serán los procesos de diferentes tipos, controlados numéricamente.

COMENTARIOS

Una pregunta que se hace frecuentemente es: Todo lo que se dice acerca de la Administración de la Producción es muy bueno para las grandes compañías, pero ¿qué hay para las empresas pequeñas? Los principios básicos de la economía de producción y el diseño y control de recursos son tanto aplicables a las organizaciones pequeñas como a las grandes, ya que la implementación sólo requiere de ajustes de acuerdo a su tamaño y potencial financiero. Una gran organización puede utilizar computadora de alta velocidad para ayudar a generar la programación de los requerimientos con el mínimo de inventario. La organización pequeña puede aproximarse a soluciones similares con sus problemas de programación usando métodos manuales y con el auxilio de gráficas. De acuerdo a lo anterior, ambas organizaciones pueden aplicar los mismos principios de programación. Las técnicas son diferentes, pero los principios son generales. Nosotros podemos ver que la Administración de la Producción no es un conjunto de técnicas, sino todo lo contrario, es un conjunto de principios generales para las economías de la producción; como son el diseño de recursos, trabajos, programación, control de calidad, control de inventarios, medición del trabajo, control de costos y presupuestos.

EVOLUCION DE LOS DESARROLLOS EN ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION.



III. ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION

1. Planeación de los sistemas de Producción

La planeación consiste en establecer los procedimientos y las actividades requeridas para alcanzar la operación óptima de un sistema, mediante el máximo aprovechamiento de los recursos con que se cuentan.

La planeación comprende cuatro fases principales que son:

- a) Determinación de los objetivos.
- b) Investigación y estudio de factibilidad para alcanzar dichos objetivos.
- c) Conversión. En este punto se delimitan responsabilidades y se determinan los procedimientos a seguir.
- d) Seguimiento y control del procedimiento.

La planeación requiere de los siguientes puntos:

- a) Información referente a lo que se desee desarrollar.
- b) Objetivos. Los cuales deben ser fácilmente cuantificados.
- c) Programación. Es aquí donde se hace un análisis de recursos internos (económicos, técnicos, humanos, etc.).
- d) Establecimiento de políticas. Las cuales actuarán como límites al programar.
- e) Influencias. Este aspecto señala los ajustes o modificaciones que se deben hacer al programa previamente establecido.
- f) Ejecución.

1.1 EL PRESUPUESTO

El objetivo de los presupuestos es hacer el uso más efectivo posible de los recursos de que se disponen y obtener con ello el más alto nivel posible en las utilidades. Presupuestar es planificar: Planificar las utilidades.

El presupuesto se confunde con los costos estándar, ya que el presupuesto tiene naturalmente que ver con los costos, pero su enfoque se hace sobre las utilidades.

Se pueden hacer presupuestos sin costos estándar aunque lo ideal es combinar ambas cosas. Con un buen sistema de costos estándar, usado como medio, el presupuesto será más efectivo y la empresa tendrá mayor probabilidad de alcanzar las utilidades planeadas.

El tipo de presupuesto más sencillo es la estimación de la utilidad anual. Pero la cifra de utilidades aislada, tiene poco significado en sí misma. Lo importante son sus relaciones con otras cifras clave representativas de las operaciones de la empresa, como son: Ventas, costos, recursos, etc.

Una de las equivocaciones más comunes al presupuestar es concretarse en la cifra que presenta a la utilidad como porcentaje de las ventas. Fijémonos, por ejemplo, en dos em--

presas reales que fabrican productos para el consumidor*.
 Sus cuentas para un año arrojan los siguientes resultados:

	Ventas \$	Utilidades \$	Utilidades en % de las ventas
Empresa A	\$ 18,500,000	\$ 4,700,000	25.4
Empresa B	\$ 20,300,000	\$ 750,000	3.7

Según ellas, la Empresa A aparenta marchar aproximadamente siete veces mejor que la B, por lo que respecta a la planeación de utilidades en relación a sus ventas.

Ahora examinemos lo que sucede cuando el presupuesto abandona el criterio de porcentaje de utilidades sobre las ventas y regresa a su correcto punto de vista, o sea a la comparación con los recursos utilizados en el negocio.

	Capital \$	Utilidad \$	Utilidad en % de los recursos utilizados.
Empresa A	\$ 10,000,000	\$ 4,700,000	47.0
Empresa B	1,500,000	750,000	50.0

* Estamos considerando como industria de productos al consumidor las que manufacturan productos terminados y de venta directa al público normal.

El cuadro está ahora invertido. La empresa B marcha realmente algo mejor que la A, si se mide con el patrón de los recursos.

Un buen sistema de presupuestos informaría a la compañía B de que su estrategia es esencialmente correcta, más aún, le ayudaría a mantener la situación de ventaja ya lograda.

En la planificación de las operaciones de una empresa, el presupuesto juega un papel muy importante, ya que con éste, se reducen a un mínimo las sorpresas y decisiones precipitadas. La dirección con su ayuda, será capaz de emprender la acción necesaria antes (no después) de que los hechos se presenten.

La disciplina de trazar un plan de utilidades puede ser de mucha ayuda por sí misma, al obligar a la dirección a esforzarse en proveer las condiciones a que habrá de hacer frente en el próximo período presupuestario. Pero para que el método rinda sus mayores ventajas, ha de estar auxiliado de un sistema de "Control de Presupuestos" diseñado con el propósito de que la marcha real de la empresa se ajuste al plan trazado, la técnica que nos sirve de medio para alcanzar nuestro plan es tan importante como el plan mismo.

CONTROL DEL PRESUPUESTO

El control de presupuestos consiste, básicamente, en cuatro

etapas elementales:

1. Establecimiento de metas (o sea, preparación del presupuesto).
2. Comparación entre lo realizado y la meta propuesta.
3. Descubrimiento de las causas de desviación respecto a las metas establecidas.
4. Eliminación de las causas de estas desviaciones o cambio de las metas.

En este terreno del control, el Contador y el Ingeniero han de colaborar estrechamente.

La función contable consiste en verificar y registrar los hechos de la empresa con exactitud y a tiempo, la cual es una contribución necesaria y valiosa a la dirección de la empresa.

La Dirección puede confiar al Contador la estructura del sistema de presupuestos. Cualquier medición efectuada sobre la producción - horas hombre, pesos, consumo de materiales - llevará el certificado de exactitud, si se ha llevado a cabo por medio del sistema contable, con tal de que el procedimiento de medición de los datos originales haya sido bien diseñado.

Auf como el Contador es quien debe facilitar los datos y el Ingeniero es quien ha de extraerles su significado y ponerlo de manifiesto.

En el control de presupuestos, la función de Contador es -

claramente responsable de la etapa número dos, es decir, de la comparación, entre la realidad conseguida y la meta aspirada.

El Ingeniero está en condiciones de manejar las etapas 3 y 4 determinando las causas de las variaciones y el desarrollo de métodos para corregirlas.

La etapa la. es una responsabilidad compartida. El Contador y el Ingeniero han de colaborar en montar la organización por medio de la cual la dirección establece las metas para el año.

El más sólido sistema presupuestario se encuentra allí donde el Contador y el Ingeniero integren un verdadero equipo. Debemos recordar que presupuestar es planificar utilidades. La meta es el empleo óptimo de los recursos disponibles en la Empresa.

El simple planeamiento no es suficiente por lo que ha de acompañarse de la acción necesaria para convertir en realidad las metas de utilidades y para lo cual es necesario el control.

El control consiste de cuatro etapas:

1. Establecimiento de metas.
2. Comparación entre la realidad y las metas.
3. Investigación de las diferencias desfavorables.
4. Acción correctiva.

1.2 Interpretación de Costos en la Toma de Decisiones

En primer término daremos la clasificación de gastos - con una estructura de tipo general y que puede ser seguida por cualquier empresa. Ver figura 3.

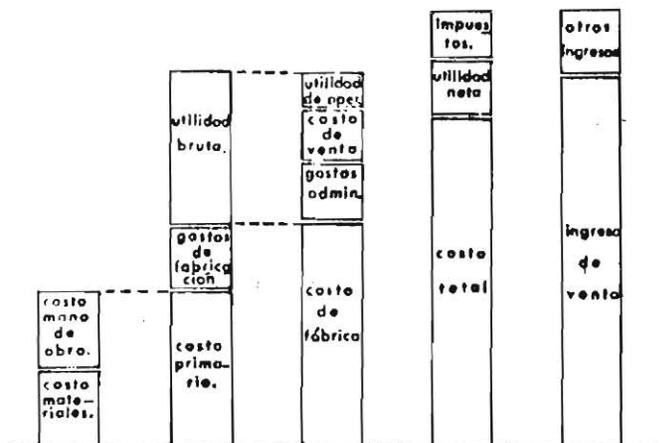


FIGURA 3,

Los costos de materiales directos y mano de obra son - considerados directos, ya que ordinariamente pueden - ser atribuidos al producto. Los gastos de fábrica o - gastos de "overhead" son ordinariamente indirectos por - que son difícilmente atribuidos a un producto específi - co, sin una asignación arbitraria. Los gastos de admi - nistración y de venta son generalmente gastos de "over - head", ya que son todavía más indirectos en su natura - leza.

Algunas veces los costos que queremos considerar no -

aparecen en las tablas de los Contadores y nuestras de
cisiones pueden ser drásticamente afectadas por ellos.
Dentro de gastos de fabricación se encuentran: mano de
obra indirecta, utilidades, mantenimiento y reparación,
depreciación de la planta y el equipo, seguros, impue
stos, etc. Con respecto a los gastos administrativos -
tenemos: salarios, artículos de oficinas, depreciación
de oficinas, seguros, impuestos sobre oficinas, gastos
legales, etc. Por último dentro de los gastos de ven-
ta se encuentran: salarios de la fuerza de ventas, pu-
blicitad, viajes, gastos por uso de teléfonos, telégra-
fo, telex, etc.

COSTOS FIJOS Y VARIABLES

Aunque se tiene un conocimiento de qué gastos caen den-
tro de la clasificación de costos fijos y costos varia-
bles, estos conceptos pueden ocasionar problemas, ya -
que algunas veces los costos "fijos" pueden variar con
el volumen de producción y costos comunmente considera
dos como variables pueden comportarse como "fijos".

Entre los costos fijos tenemos los siguientes: mano de
obra directa, mantenimiento, amortización, deprecia-
ción, seguros, etc.

Dentro de los costos variables caen: costos de materia

les directos, servicios (vapor, agua, electricidad, etc.), gastos de ventas, etc.

Muchas partes del costo pueden ser fijos solamente sobre un corto rango del volumen: la mano de obra indirecta cae por lo regular en esta clasificación ya que un operador puede ser adecuado hasta cierto nivel de volumen, pero arriba de éste, se necesitarían dos operadores. La naturaleza semi-variable de tales elementos del costo pueden ser importantes en ciertos problemas para tomar una decisión.

1.2.1 Diagramas del Punto de Equilibrio

Los diagramas del punto de equilibrio se llevan a cabo utilizando los costos fijos y variables para indicar el rango del volumen necesario para tener una operación provechosa. Si pudiéramos dividir todos los costos en aquellos que varían con el volumen y aquellos que no varían, nosotros podríamos calcular un costo total promedio por unidad para un volumen dado; los costos semi-variables pueden ser reducidos a un componente fijo y a otro variable. Este concepto de unidad de costo promedio es correcto solamente en el cálculo de un cierto volumen, aunque los costos fijos por unidad cambiarán con-

forme estos se promedien a diferentes volúmenes. Conceptualmente, entonces, sería de mucha utilidad considerar los costos fijos como una combinación total de costos, los cuales deben ser cubiertos por una renta neta sobre los costos variables antes de que cualquier utilidad es obtenida. El punto o volumen de ventas donde la utilidad neta total es igual a los costos variables, más la combinación de los costos fijos, es el punto de equilibrio: abajo de este punto se registra pérdida y arriba de éste se obtiene ganancias. La figura 4, es un diagrama de la estructura de una gráfica simple del punto de equilibrio. Las unidades del volumen son graficadas en la escala horizontal y las ventas o el costo en pesos son graficados en la escala vertical.

La línea de ventas se inicia en el origen y es una línea recta, dado que las ventas en pesos son asumidas ser proporcionales a las unidades de venta. La línea del costo total intercepta el eje vertical en el valor igual a los costos fijos y se incrementa en proporción al número de unidades vendidas. Arriba del punto de equilibrio la relación de utilidades a ventas, se incrementa con cada unidad vendida, esto es por

la ampliación de la base, debido a la absorción de costos fijos.

La contribución en todo caso es una relación fija.

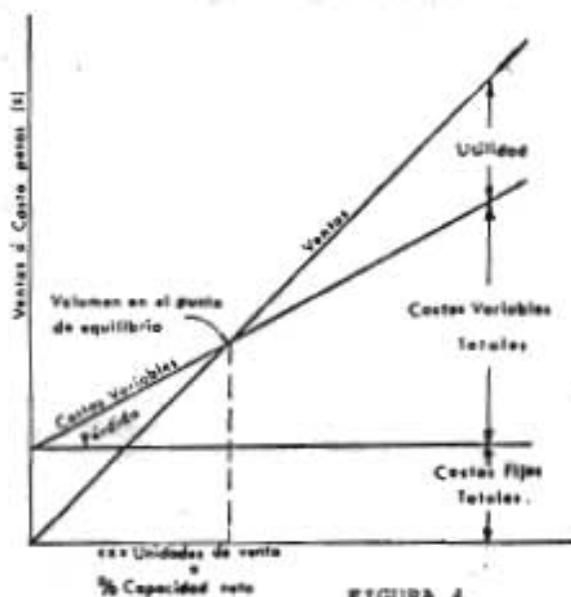


FIGURA 4.

La contribución es la diferencia entre las ventas y los costos variables, esto es:

$$C = S - V \quad (1)$$

$$S = F + V + P \quad (2)$$

Donde:

C = Contribución

S = Ventas

V = Costos Variables

F = Costos Fijos Totales

P = Utilidad

Dado que S y V varían con el volumen, C varía también con el volumen; C puede entonces ser calculada fácilmente, conociendo el porcentaje de las ventas en pesos, y que es V. Por ejemplo suponiendo que los costos variables son el 60% de las ventas en pesos y los costos fijos son \$3,000,000; entonces, de la ecuación (1), C es el 40%, con lo que tenemos:

$$C = F + P \quad (3)$$

y

$$P = C - F$$

Ahora se puede calcular la utilidad en cualquier nivel de ventas. Si las ventas totales son \$10,000,000, entonces C es 40% o \$4,000,000 y $P = C - F = \$4,000,000 - \$3,000,000 = \$1,000,000$. El concepto de contribución nos permite calcular la utilidad total en varios niveles de ventas más fácilmente.

Otra ecuación muy útil para la interpretación de datos en una gráfica de punto de equilibrio, es la que determina el número de unidades en di

cho punto: Partiendo de la ecuación (2)

$$S = F + V + P$$

$$P = S - V - F \quad (2')$$

$$S = aN \quad (4)$$

$$V = bN \quad (5)$$

Donde:

a = Precio Unitario de Venta

b = Precio Unitario Variable

N = Número de Unidades vendidas

Sustituimos (4) y (5) en (2')

$$P = aN - bN - F \quad (6)$$

$$P = N(a-b) - F$$

En el Punto de Equilibrio:

$$P = 0$$

Por lo tanto:

$$N(a-b) - F = 0$$

Y

$$N_e = \frac{F}{a-b} \quad (7)$$

Donde N_e = Número de unidades vendidas en el punto de equilibrio.

ELABORACION DE UNA GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

Aunque la teoría para la elaboración de estas gráficas es simple, no es simple obtener buenos datos de los cuales se desarrollará la gráfica, porque la línea entre los costos fijos y los variables no es definida.

Para construir una gráfica de punto de equilibrio veraz partiendo de los elementos de costo, es necesario realizar antes una investigación de los costos, para establecer el comportamiento de éstos en relación al volumen. Una buena gráfica de punto de equilibrio requiere de eficientes sistemas de contabilidad.

Otra forma de resolver el problema, es por medio del diagrama de dispersión de costos. Los costos totales de varios años son graficados y se dibuja una línea promedio a estos puntos; su poniendo que los diferentes años representaran diferentes volúmenes, la línea del costo total en relación al volumen puede ser inferida. El punto en donde la línea intercepte el eje vertical será un estimado de los costos fijos. A continuación se dan los siguientes juegos de datos de una empresa y los cuales se graficarán.

AÑO	COSTOS TOTALES (MILLONES DE PESOS)	VENTAS (MILLONES DE PESOS)
1968	1.45	1.75
1969	1.70	2.20
1970	2.20	3.10
1971	2.30	3.50

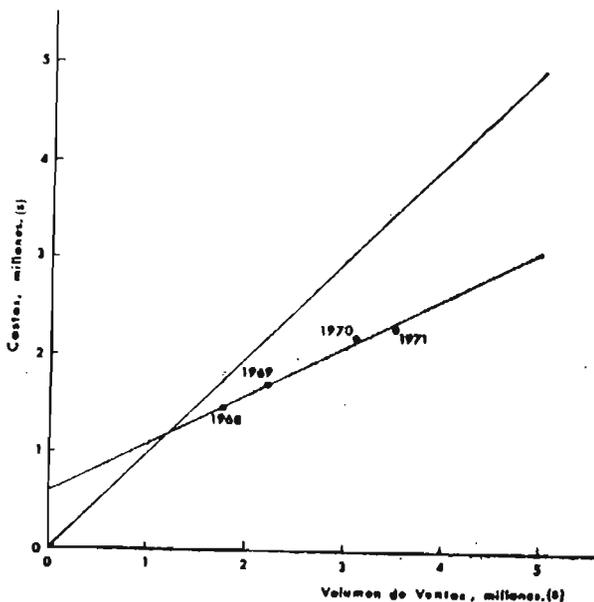


FIGURA 5,

Los resultados se ven bien y son fáciles de obtener, aunque la relación de costos a volumen - es quizá más representativa de tendencias inflacionarias durante los períodos; esta es una posibilidad y que puede ser resuelta "DESINFLANDO" los datos para eliminar los efectos de los in--

crementos en precios y costos.

También es importante que los datos para los diferentes años estén representados para un sólo conjunto de condiciones como son: tecnología, mezcla de productos y representación de costos. Si ocurre un cambio mayor dentro de alguna de estas condiciones durante el período, no se tendrán datos consistentes y la gráfica puede arrojar resultados equivocados.

RAZONES POR LAS QUE EL PUNTO DE EQUILIBRIO Y LAS UTILIDADES PUEDEN VARIAR:

1. Cambio en el Volumen:

Este cambio afecta directamente las utilidades; el punto de equilibrio y la proporción de la contribución no cambian.

2. Cambio en la Mezcla de Productos:

Las utilidades, el punto de equilibrio y la proporción de la contribución cambian. Esto sugiere que la gráfica se haga sobre un producto base.

3. Cambio de Mano de Obra en la Elaboración o Uso de Materiales:

Al igual que en el punto anterior, cambian las utilidades, el punto de equilibrio y la

proporción de la contribución.

4. Cambio en los Costos Fijos:

Este cambio afecta las utilidades y el punto de equilibrio, pero no así la proporción de la contribución.

5. Cambio en los precios de venta:

Sufren cambio las utilidades, el punto de equilibrio y la proporción de la contribución.

USO DE LA GRAFICA DE PUNTO DE EQUILIBRIO PARA
TOMA DE DECISIONES.

Entre las decisiones más importantes que se pueden tomar auxiliándose de una gráfica de punto de equilibrio están:

1. Reposición de maquinaria y equipo obsoleto:

Usualmente los costos fijos aumentarán aunque cierto capital existente es transferido. La razón más común por obsolescencia es probablemente el desarrollo de equipo nuevo, que tiene costos variables más bajos. El efecto neto sobre el punto de equilibrio es probablemente que no lo altere o bien lo -

disminuya con el consiguiente incremento de utilidades.

Esto es ocasionado por la disminución de los costos variables (se disminuye la pendiente de la línea de costos totales).

2. Componentes de Manufactura Comprados Previamente:

Si una capacidad no utilizada puede ser puesta a trabajar, como es a menudo el caso, el efecto neto es sobre los costos variables, los cuales afectan directamente en el punto de equilibrio.

Si equipo nuevo debe ser comprado, los costos fijos se incrementan, entonces el efecto neto sobre el punto de equilibrio y la utilidad bruta dependerá de la dirección y la magnitud del cambio en los costos variables.

3. Compra de Componentes Manufacturados Previamente:

El efecto depende sobre la magnitud actual de los costos que pueden ser transferidos. La mayor parte de los costos fijos permanecerán, pero la disposición de algún capital puede ser posible. Los costos variables -

cambiarán en cualquier dirección, el efecto neto sobre el punto de equilibrio de la fábrica y las utilidades brutas podrían ser positivo o negativo, dependiendo de las magnitudes relativas de las disposiciones y el incremento de los costos variables.

4. Decisión de Utilizar Tiempo Extra para Aumentar la Capacidad:

Los costos variables se incrementan, el punto de equilibrio sube. Presuntamente el volumen se ha incrementado y el efecto neto sobre la utilidad dependerá de las relaciones de las pendientes inicial y final de la línea de costo total y la magnitud del volumen obtenido.

COSTOS INCREMENTALES.

Los costos incrementales son los costos que varían los diferentes cursos de acción considerados. Son los "EFECTOS NETOS" resultantes (los términos: costos incrementales, costos marginales, costos diferenciales son usados indistintamente).

La toma de una decisión en un negocio activo debe ser realizada analizando la posición de la -

empresa en un momento dado, con el fin de elegir la mejor alternativa; un ejemplo común de lo anterior es la decisión "HACER vs. COMPRAR". Si una empresa está comprando generalmente un producto y está considerando la posibilidad de hacerlo, será importante averiguar si se tiene capacidad suficiente de fabricación; de ser positiva esta capacidad, los costos incrementales por la elaboración del producto serán solamente los costos directos de mano de obra y de materiales, más una adición neta a otros costos, tales como, fuerza y provisiones. La maquinaria, edificios, supervisión y comité ejecutivo ya existen; los costos de estos no cambian fabricando el producto nuevo. Por lo tanto, nos atreveremos a no usar el concepto contable de costo promedio de manufactura como una base para tomar la decisión y solamente el costo neto incremental necesita ser considerado. Si la capacidad útil no existe, los costos netos incrementales deberán incluir los costos para proporcionar la capacidad necesaria. Recíprocamente, si en lugar de fabricar un producto estamos pensando en comprarlo, no debemos ocuparnos del costo promedio de fabricación del producto; el edificio, la supervisión y el comité ejecutivo

permanecerán.

El concepto de costos incrementales muchas veces manifiesta una línea de cambio entre los costos fijos y los variables; por ejemplo, considerar los costos de mano de obra directa sobre una línea de producción continua. La suma de todos los costos de mano de obra para la línea entera pueden ser perfectamente visualizados como variables con respecto al número de unidades producidas, asumiendo que si la línea es parada, los trabajadores pueden ser: ya sea enviados a su casa o asignados a otra tarea. Por otro lado, si observamos las operaciones de la línea individualmente, encontramos que los costos de mano de obra no son sujetos a control administrativo. Puede aparecer que una de esas operaciones podría ser mejorada por el uso de una mejor herramienta, un mejor método de movimientos, etc. Si las mejoras son implementadas, probablemente encontremos que los costos de mano de obra por unidad en esa operación no disminuyan (son fijos), porque esa operación es a través de la línea; únicamente la operación individual en la línea que puede tener costos directos de mano de obra variables es la llamada Operación Limitante o "CUELLO DE BOTELLA".

Si esta operación puede ser mejorada, entonces los costos de mano de obra directa para la línea entera disminuirán en proporción a la mejora, pero no más allá de los límites de la operación limitante siguiente.

Un punto importante para tenerse en mente es - que los costos incrementales son asociados con todos los planes o alternativas, de manera de - que los costos promedios casi nunca son buenos estimados de los efectos netos del costo de una decisión.

1.2.2 VALOR PRESENTE DEL DINERO

Dentro de los estudios de tipo económico, el Ingeniero Químico debe incluir ciertos factores - para observar el comportamiento de su inversión a través del tiempo, claro que estos factores - serán estimados, ya que es imposible predecir - cuales serán las condiciones de la oferta y la demanda, las devaluaciones o revaluaciones de - la moneda, etc.

Dentro de estos factores que en un momento dado podría suponerse con cierta "seguridad" está el del factor del valor presente del dinero, esto es: dado que la moneda tiene un valor en el -- tiempo, los desembolsos futuros tendrán un va-- lor diferente al que se tiene en un presente, - ya que el dinero puede ganar intereses, por - ejemplo \$1,000.00 actuales equivaldrían a - \$1,100.00 un año después, si la suma presente - gana intereses en un 10%. Simultáneamente si - debemos esperar un año para recibir \$1,000.00 - que nos deben ahora, deberíamos esperar no - \$1,000.00, sino \$1,100.00 (considerando un inte-- res del 10%).

Cuando el tiempo transcurrido es extendido, el interés apropiado es compuesto y sus efectos -

vienen a ser mucho más grandes.

La regulación del tiempo de los pagos y cobros pueden hacer una diferencia importante en el valor de varias alternativas.

Vamos a ilustrar este punto brevemente:

Sabemos que si la suma principal "P" es invertida con una tasa de interés "i", nos proporcionará en un futuro una suma total "S" en "n" años; de ahí, que si todas las ganancias son retenidas y combinadas, "P" en el presente es equivalente a "S" en el futuro, por medio del factor de cantidad compuesta; esto es:

$$S = P (1+i)^n$$

Donde $(1+i)^n$ es el factor de cantidad compuesta, para la tasa de interés "i" y "n" años.

Del mismo modo podemos resolver para "P" y determinar la cantidad presente de una suma para ser pagada en "n" años. Esto es:

$$P = \frac{S}{(1+i)^n} = S \times \left[FVP \text{ sp} \right] \frac{n}{i}$$

Donde $\left[FVap \right] \frac{n}{i}$ es el valor presente de un solo pago "S" y que será hecho en "n" años con un interés "i". Por lo tanto, si fuéramos a recibir un pago de \$10,000.00 en 10 años, podemos

aceptar ahora, sin problemas una suma más pequeña, pero equivalente; si un interés del 10% fuera considerado adecuado, esa cantidad más pequeña, pero equivalente sería:

$$P = 10,000.00 \frac{1}{(1+0.1)^{10}} = \$3,855.00$$

1.2.3 CRITERIOS USUALES PARA COMPARACION DE ALTERNATIVAS DE INVERSION ECONOMICO.

Frecuentemente, cuando el Ingeniero Químico está evaluando dos ó tres alternativas de costos de capital, es necesario que determine cual de éstas es la que reportará mayores beneficios - tanto técnicos como económicos; muy raras veces estas diferentes alternativas serán comparables en su forma original; por lo que será necesario entonces que de alguna manera las alternativas se hagan comparables sin modificar en su esencia.

A continuación analizaremos los criterios más comunes que se tienen y estos son:

1. Criterio del valor presente.
2. Criterio de la inversión promedio.
3. Criterio del retorno sin inversión.
4. Criterio del período de recuperación.

1. Criterio del Valor Presente:

Este criterio toma la suma de los valores presentes de todos los gastos e ingresos que se tendrán a futuro sobre la vida útil del bien por adquirirse. Es necesario hacer la comparación sobre el mismo período de tiempo para todas las alternativas.

Existen tablas, en las cuales se tienen tabulados los valores presentes de los pagos individuales y las anualidades, para varios años y a diferentes tasas de interés. Estas están calculadas con las siguientes fórmulas:

$$\left[FVP \text{ sp} \right] \frac{n}{i} = \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$\left[FVP \text{ a} \right] \frac{n}{i} = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n i}$$

Donde:

FVP sp = Factor de valor presente para pagos individuales.

FVP a = Factor de valor presente para pagos anuales.

n = Número de años

i = Tasa de interés

Se ilustrarán los conceptos anteriores con el siguiente ejemplo:

Se tienen dos alternativas para el proyecto de fabricación de un cosmético, y los datos con que se cuentan son los siguientes:

	ALTERNATIVA "A"	ALTERNATIVA "B"
Inversión inicial	\$ 88,000.00	\$ 122,000.00
Vida útil	4 años	5 años
Valor de rescate	\$ 0	\$ 20,000.00
Ingresos anuales	\$ 50,000.00	\$ 50,000.00
Gastos y costos anuales:		
1er. año	\$ 28,000.00	\$ 22,000.00
2o. año	29,000.00	22,000.00
3er. año	29,000.00	22,000.00
4o. año	29,000.00	24,000.00
5o. año		25,000.00
6o. año	19,000.00	24,000.00

La tasa de interés es un 10%

¿Cuál será la mejor alternativa desde el punto de vista económico?

Como punto inicial, se debe fijar el período sobre el que se compararán ambas alternativas, con el fin de hacer equivalentes en cuanto a su duración. En este caso el período sobre el que se compararán es de 12 años, ya que es el mínimo común denominador de las vidas útiles de los equipos.

Para los efectos del cálculo, se considerarán los egresos con signo negativo (-) y los ingresos con signo positivo (+), y todas las cantidades son miles de pesos.

Alternativa "A" en Valor Presente:

$$\begin{aligned} P_a &= -64 + 21 (0.909) + 21 (0.826) + 21 (0.751) - \\ &- 43 (0.683) + 21 (0.621) + 21 (0.564) + 21 (0.513) - \\ &- 43 (0.467) + 21 (0.424) + 21 (0.386) + 21 (0.350) + \\ &21 (0.319) \end{aligned}$$

$$P_a = 5.473 \text{ \$}$$

$$P_a = \$5,473.00$$

Alternativa "B" en Valor Presente:

$$\begin{aligned} P_b &= -122 + 29 (0.909) + 28 (0.826) + 27 (0.751) + \\ &+ 26 (0.683) + 25 (0.621) - 78 (0.564) + 29 (0.513) + \\ &+ 28 (0.467) + 27 (0.424) + 26 (0.386) + 25 (0.350) + \\ &+ 44 (0.319) \end{aligned}$$

$$P_b = 9.28 \text{ \$}$$

$$P_b = \$9,280.00$$

Comparando las cantidades a valor presente de ambas alternativas, se observa que la alternativa "B" es la que tiene un valor más alto y en consecuencia es la mejor desde el punto de vista económico.

2. Criterio de la Inversión Promedio:

Este criterio estima un costo anual promedio

por la posesión del bien, más una asignación debido a los costos y gastos del equipo a causa de su operación. Los costos del capital anual promedio son aproximados por la pérdida de la recuperación promedio, más el interés sobre la inversión promedio, suponiendo que la disminución en el valor de la asignación es uniforme, o sea, que es li neal. Las figuras nos muestran lo anterior, para los datos del ejemplo analizado en el criterio del valor presente.

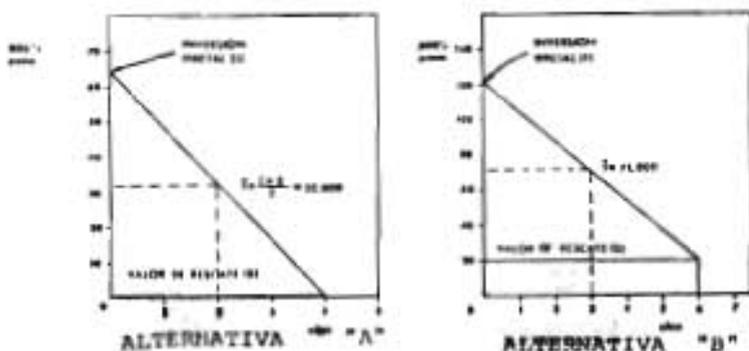


FIGURA 6.

$$1 \text{ Mérito de la Recuperación} = \frac{\text{Inversión Inicial} - \text{Valor Final de Recuperación}}{\text{Vida Útil del Equipo}}$$

ALTERNATIVA "A"	ALTERNATIVA "B"
$\frac{\$22,000 - 0}{4} = \$5,500$	$\frac{\$17,000 - 25,000}{4} = -\$1,750$

$$2 \text{ Interés Anual Sobre la Inversión Promedio al 10\%} = \frac{\text{Inversión Inicial} - \text{Valor Final de Recuperación}}{2} \times \text{Interés}$$

ALTERNATIVA "A"	ALTERNATIVA "B"
$\frac{\$22,000 - 0}{2} \times 0.10 = \$1,100$	$\frac{\$17,000 - 25,000}{2} \times 0.10 = -\400

$$3 \text{ Costo Capital Anual Promedio} = 1 + 2$$

ALTERNATIVA "A"	ALTERNATIVA "B"
$\$5,500 + 1,100 = \$6,600$	$-\$1,750 + 3,100 = \$1,350$

$$4 \text{ Gasto Total Anual Promedio} = 3 + \text{Costos y Gastos de Operación Promedio}$$

ALTERNATIVA "A"	ALTERNATIVA "B"
$\$6,600 + 30,000 + 29,000 = \$65,600$	$\$1,350 + 30,000 + 23,500 = \$54,850$

En este criterio de comparación; la alternativa que presente el costo total anual promedio más bajo sería seleccionado como la mejor desde el punto de vista económico.

3. Criterio de la Relación de Retorno:

Este es un criterio común para evaluar proyectos nuevos o para comparar cursos de acción alternos. En principio, consiste en calcular el porcentaje de retorno y el cual es determinado por la división de la

utilidad entre la inversión promedio. La utilidad está representada por la suma algebraica de los costos incrementales de operación y mantenimiento y los beneficios. Usualmente no se toman en cuenta los intereses, así que, la figura resultante es llamada relación de retorno no ajustada; y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Relación de Retorno} = \frac{\text{Aprovechamiento de Operación Monetaria Neta} - \text{Amortización}}{\text{Inversión Promedio}} \times 100$$

Si la relación calculada es antes de impuestos, entonces la amortización (Inversión Incremental/Vida Útil), es restada y el resultado dividido entre la inversión promedio y multiplicada por cien para obtener el porcentaje de retorno. Si el cálculo es hecho después de impuestos el incremento neto en impuestos generados por el proyecto es restado del aprovechamiento monetario neto. La alternativa económica más ventajosa es la que proporcione la relación más ALTA. Para ver más claramente estos conceptos utilizaremos nuevamente el ejemplo expuesto en el criterio del valor presente.

ALTERNATIVA "A"	ALTERNATIVA "B"
$\frac{170,000 - 125,000 - \frac{115,000}{10}}{115,000} \times 100 = 15.61$	$\frac{120,000 + 50,000 - 121,500 - \frac{117,000}{10}}{117,000} \times 100 = 47.70$

El retorno después de impuestos requiere - que los impuestos incrementales sean deducidos, y éstos serán el aprovechamiento de la operación menos el incremento en depreciación permitido; asumiendo una depreciación lineal sobre el período de 10 años y un impuesto del 50% tenemos lo siguiente:

ALTERNATIVA "A"

ALTERNATIVA "B"

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{10}$$

$$\frac{115,000}{10} = 11,500$$

$$\frac{117,000}{10} = 11,700$$

Impuestos Incrementales Generales

$$(170,000 - 125,000 - 11,500) 0.5 = 27,500 \quad ; \quad (120,000 + 50,000 - 121,500 - 11,700) 0.5 = 27,300$$

Retorno Después de Impuestos

$$\frac{170,000 - 125,000 - 11,500 - \frac{115,000}{10}}{115,000} \times 100 = 15.61 \quad ; \quad \frac{120,000 + 50,000 - 121,500 - 11,700 - \frac{117,000}{10}}{117,000} \times 100 = 47.70$$

En base a lo comentado con anterioridad - acerca de que la alternativa que obtuviera la más alta relación de retorno es la mejor desde el punto de vista económico. Por este criterio se observó una vez más que la -

alternativa "B" es superior económicamente a la "A".

4. Criterio de la Recuperación:

El período de recuperación es el tiempo requerido por una inversión para "pagarse a sí misma", debido al aprovechamiento neto de la operación que resulta de su instalación. Este período se determina de la siguiente forma:

$$\text{Período de Recuperación en años} = \frac{\text{Inversión Neta}}{\text{Aprovechamiento neto de operación anual después de impuestos.}}$$

Este es el período de tiempo para el aprovechamiento neto después de impuestos que iguala la cantidad total neta invertida. Presumiblemente, después de ese período "todo es ganancia".

Cuando se comparan varias alternativas, la que obtenga el período de recuperación más corto, será la alternativa más adecuada económicamente.

En el caso de nuestro ejemplo tenemos lo siguiente:

ALTERNATIVA "A"

ALTERNATIVA "B"

Inversión Neta

\$11,000

\$112,000

Aproximación Neta de Operación Total
Después de Impuestos

\$20,000 - \$25,000 - \$1,000 - \$13,700

\$20,000 - \$20,000 - \$11,500 - \$21,500 - \$20,000

Período de Recuperación

 $\frac{11,000}{11,000} = 1.1$ años $\frac{112,000}{112,000} = 1.12$ años

Como se puede apreciar nuevamente, la Alternativa "B" es la que arroja el período más corto de recuperación y en consecuencia es la alternativa más adecuada económicamente. Analizando esta alternativa, existe la pregunta: "Si la vida económica del proyecto son seis años y un 14.8% es considerado como la relación de retorno después de impuestos apropiada para el proyecto, ¿Cuál sería el período de recuperación? Obviamente, el período para recuperar el capital y el retorno son seis años de vida útil; el período que recupera el capital, pero que también permite el tiempo suficiente en la vida útil para proporcionar el retorno del capital, será un poco más corto y dependerá de la proporción de retorno del capital requerida. Se observa que el período de recu

peración es otra interpretación que se le puede dar a los factores de valor presente para anualidades FVPa; como un ejemplo, para una vida útil de seis años y una proporción de retorno del 14.8% el FVPa correspondiente es 3.805; esto indica que la recuperación del capital se llevará a cabo en 3.805 años. El equivalente del interés compuesto al 14.8% toma lugar en:

$$6.000 - 3.805 = 2.195 \text{ años.}$$

Por lo tanto cualquier valor de FVPa para una vida económica en años y una cierta proporción de retorno, indica el período más corto en años requerido para que retorne la inversión; o más simplemente, nos da directamente el período de recuperación.

El procedimiento apropiado, sería estimar la vida económica y determinar la proporción de retorno.

De la fórmula del factor de valor presente para anualidades se determina el período de recuperación a las condiciones dadas; se calcula el período de recuperación actual del proyecto en cuestión y se compara con el período estándar determinado por la fórmula; si el período calculado es menor o

igual al período estándar, el proyecto presenta la recuperación; en el caso de que sea más grande que el valor estándar el proyecto ganaría menos que la relación requerida.

1.3 Métodos de Programación de Recursos

1.3.1 Programación Lineal

La programación lineal está considerada como una técnica relativamente nueva, desarrollada durante el período de la segunda guerra mundial. Su principal valor, es que permite a menudo resolver problemas de gran complejidad y que involucran un número elevado de variables. Antes del desarrollo de este método, los problemas con las características antes mencionadas, sólo se resolvían de una forma aproximada a través de modelos gráficos o esquemáticos y sobre la base de prueba y error; los resultados obtenidos de esta manera de ninguna forma eran los mejores.

Dentro de la programación lineal existen principalmente dos formas de resolver los problemas y las cuales vamos a analizar haciendo uso de ejemplos; estas formas son:

- a) Método de Distribución.
- b) Método Simplex.

METODO DE DISTRIBUCION

Este método se utiliza cuando el problema con-

siste en la asignación de equipo a diferentes partes de una planta y con requerimientos diferentes cada parte.

Nuestro problema para explicar este método consiste en lo siguiente:

Dentro de una fábrica de productos farmacéuticos, se transportan los materiales y el producto terminado entre el área de proceso y la bodega, por medio de montacargas y tarimas; las tarimas ya cargadas pueden ser recouidas fácilmente por el montacargas y transportadas a su destino sin problemas. El montacargas puede transportar dos tarimas de una sola vez. La empresa está interesada en una redistribución a un costo mínimo, para localizar las tarimas vacías donde son necesitadas. Las necesidades que hay que satisfacer son las siguientes:

Se tienen tres departamentos: A, B y C que tienen un exceso de tarimas y por otro lado hay cuatro departamentos: W, X, Y y Z que necesitan tarimas.

En la Tabla I están tabulados los números de tarimas disponibles y los números de tarimas requeridas. Con el fin de no complicar demasiado el problema, la suma de tarimas disponibles es igual a la suma de tarimas requeridas, aunque -

esto no es requisito para su solución.

También en la Tabla I, se indica en los recuadros los tiempos requeridos para efectuar el recorrido de ida y vuelta entre los diferentes departamentos. Por ejemplo, el tiempo de recorrido de ida y vuelta entre "A" y "W" es 10 minutos.

Tabla I. Sumario de Tarifas Disponibles y Requeridas, y Tiempos de Viaje Redondo por Departamento.

PARA DEPTO. DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarifas vacías disponibles.
A	10	22	10	20	8
B	15	20	12	8	13
C	20	12	10	15	11
Tarifas vacías requeridas.	7	10	8	9	32

A la Tabla I se le conoce como: Matriz de Distribución.

Nuestra medida de efectividad es el tiempo de viaje redondo y deseamos distribuir las 32 tarifas de los departamentos A, B y C a los departamentos W, X, Y y Z, de tal forma que el tiempo

utilizado sea mínimo dentro de las restriccio--
nes impuestas por tarimas disponibles y tarimas
requeridas.

Este método se empieza con una solución inicial
que poco a poco se irá mejorando; para el ejem-
plo, nuestra solución inicial consistirá en -
asignar las tarimas de una forma arbitraria, ig-
norando los valores del tiempo. Esta asigna- -
ción es mostrada en la Tabla II.

Empezando en la casilla de la esquina superior
izquierda de la matriz. Se observa que "A" tie-
ne ocho tarimas disponibles y "W" requiere siete
tarimas; así es que se asignan siete de "A"
a "W". Los números dentro del círculo represen-
tan las tarimas asignadas; por ejemplo, siete -
en la casilla "AW", que significa siete tarimas
de "A" a "W"; como a pesar de esta asignación,
"A" todavía tiene una tarima, la cual se coloca
en la siguiente columna a la derecha, o sea, la
columna "X". Observando los requerimientos de
"X", vemos que ésta requiere de diez tarimas -
por lo que nos bajamos al renglón "B" y asigna-
mos las tarimas faltantes a "X" o sean nueve ta-
rimas de las trece que tiene "B"; entonces, nue-
vamente nos movemos a la derecha y asignamos -
las tarimas restantes de "B" a la columna co-

respondiente, en este caso "B" asigna cuatro -
 tarimas a "Y". Se continúa de esta forma ba-
 jando a los renglones restantes hasta que las -
 asignaciones arbitrarias están completas, como
 en la Tabla II.

TABLA II. Solución Inicial.

PARA DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarimas vacías disponi- bles.
A	10 ⑦	22 ①	10	20	8
B	15	20 ③	12 ④	8	13
C	20	12	10 ②	15 ⑤	11
Tarimas vacías requeridas.	7	10	8	9	22

Tiempo Total Requerido:

$$\begin{aligned}
 AW: & 7 \times 10 = 70 \text{ min.} \\
 AX: & 1 \times 22 = 22 \text{ min.} \\
 BX: & 9 \times 20 = 180 \text{ min.} \\
 BY: & 4 \times 12 = 48 \text{ min.} \\
 CY: & 2 \times 10 = 20 \text{ min.} \\
 CZ: & 9 \times 15 = 135 \text{ min.}
 \end{aligned}$$

475 min.

En el proceso de resolución, llamaremos "Casi-
 lla Abierta" a la casilla que no tiene ninguna

asignación.

Analizando esta primera solución, nos preguntamos: ¿Es la solución inicial la mejor?. Podemos responder esto, por el examen sucesivo de las casillas abiertas, para ver si el tiempo total se reduce, realizando cambios en las asignaciones hechas en la solución inicial. Cuando todos los cambios posibles en las asignaciones han sido realizados y el tiempo total, ya no se puede reducir, en ese momento se puede decir, que es la solución óptima. Vamos a ver como se lleva a cabo este procedimiento.

Primero debemos estar seguros que cualquier cambio hecho debe de estar de acuerdo a las restricciones de requerimientos y disponibilidad de tarimas. Vamos a seleccionar la primera casilla abierta, de la primera columna; o sea, la casilla BW. Si adicionamos una tarima a las casillas BW y AX; y sustraemos una tarima a cada una de las casillas AW y BX; las restricciones impuestas se siguen manteniendo. La Tabla III, nos muestra que este cambio no sería ventajoso, porque estaríamos pasando de una ruta con bajo costo, a una ruta con alto costo; estaríamos adicionando una tarima a las rutas BW y AX, con un costo de $15 + 22 = 37$ min. Y sustrayendo -

una tarifa de las rutas AW y BX, con un ahorro de $10 + 20 = 30$ min.; o un incremento neto de $37 - 30 = 7$ min. por tarifa.

TABLA III. Evaluación de la Casilla BW para una Posible Mejora.

PARA DEPTO. DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarimas veces disponi- bles.
A	10 ⑦	22 ⑧	10	20	8
B	15 ⑨	20 ⑨	12 ④	8	12
C	20	12	10 ⑦	15 ⑤	11
Tarimas veces requeridas.	7	10	8	9	32

Evaluación de la Casilla BW: para una unidad, el cambio en costo es:
 $+ 15 - 10 + 22 - 20 = 7$.

Cada una de las casillas que no tiene tarifas asignadas, puede ser evaluada para tratar de disminuir el costo de las asignaciones, todo hecho de una manera similar a lo realizado en la Tabla III, aunque el procedimiento no necesariamente debe ser con una ruta cuadrada; en la Tabla IV se muestra el procedimiento requerido para evaluar la casilla CW, para una posible me

jora. Los únicos requisitos para evaluar una casilla son: que el recorrido debe ser un circuito cerrado, iniciándose en la casilla que se va a evaluar y con giros de 90° en los cuadros que ya están con asignaciones, sin importar el sentido, siempre y cuando se mantenga; los movimientos diagonales no son permitidos.

TABLA IV. Evaluación de la Casilla CW para una Posible Mejora.

PARA DEPTO. DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarimas vacías disponi- bles.
A	(-) 10 ③ →	(+) 22	(-) 10	(+) 20	8
B	(-) 15 ↑	(-) 20 ③ ↓	(+) 12 ④ →	(-) 8	13
C	(+) 20 ↓	(-) 12 ⑤ ←	(-) 10 ② ↓	(+) 15 ⑥	11
Tarimas vacías requeridas.	7	10	8	9	32

Evaluación de la casilla CW: para una unidad, el cambio en costo es:
 $+ 20 - 10 + 22 - 20 + 12 - 10 = +14$

Iniciándose en el cuadro a evaluación se establece el signo positivo (+) donde se adiciona una tarima y se van alternando con signo menos (-) conforme se cierra el circuito. Ordinaria-

mente solamente existe un circuito cerrado para evaluar una casilla abierta, cuando la solución arbitraria inicial ha sido establecida propiamente.

Como se puede observar no existe ventaja en hacer un cambio en la casilla CW.

De esta forma se evalúan sistemáticamente las casillas sin asignación de la columna "X". Dado que en la columna "X" la única casilla abierta es la CX, la evaluación se muestra en la Tabla V.

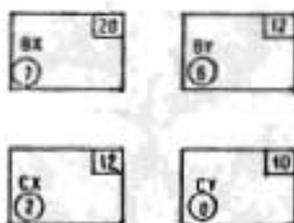
TABLA V. Evaluación de la Casilla CX para una Posible Mejora.

PARA DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarimas vacías disponi- bles.
A	10 ⑦	22 ①	10	20	8
B	15	(-) 20 ⑨	(+) 12 ④	8	13
C	20	12 (+)	10 ⑦ (-)	15 ⑨	11
Tarimas vacías requeridas.	7	10	6	9	32

Evaluación de la casilla CX: para una unidad, el cambio en costo es:
 $+ 12 - 20 + 12 - 10 = - 6.$

Aquí se observa que existe una ventaja en realizar el cambio, porque cada tarima cambiada de -

BX y CY a CX y BY tiene una disminución neta de seis minutos en el recorrido completo. Dado que se localizó un cambio provechoso, se debe llevar esta ventaja al máximo y esto lo hacemos incrementando al máximo la asignación a esta casilla, aunque en este caso esta asignación está limitada a dos tarifas, las cuales son las asignadas a CY, y la asignación de esta casilla no debe ser menor de cero; por lo tanto, el máximo aprovechamiento en la solución que puede efectuarse en CX está limitado a dos tarifas y con un ahorro neto en tiempo de doce minutos, con lo que el nuevo tiempo total es de 463 minutos y las asignaciones resultantes para las cuatro casillas afectadas son las siguientes:



La solución óptima es encontrada una vez que todas las casillas abiertas han sido evaluadas y se han efectuado los cambios que aportan una ventaja para reducir el costo, sin olvidarnos -

que podríamos encontrar casillas que previamente indicaron que no existían mejoras posibles, pero que las pueden proporcionar debido a los cambios que se realizan. Este proceso se realiza hasta que todas las casillas vacías no aportan ninguna mejora. En este punto se tiene la solución óptima, esta solución se muestra en la Tabla VI y en donde el tiempo total requerido es de 330 minutos, el cual es aproximadamente un 30% menor que el tiempo de la solución inicial. Esta reducción en el tiempo total fué obtenida por la evaluación columna por columna de trece casillas abiertas, de las cuales seis proporcionaron beneficio. El procedimiento resumido fué el siguiente: En el primer análisis de la Tabla, las casillas BW, CW y CY no proporcionaron mejoras y las casillas CX, AY, AZ y BZ redujeron tiempo. En una segunda evaluación las casillas BW, CW, AX y BX no proporcionaron beneficios, pero AY y CY sí lo hicieron. En este ejemplo con dos análisis se tuvo la solución óptima, ya que el tercer análisis no proporcionó ninguna mejora.

TABLA VI. Solución Óptima, ya no Existen Mejoras Posibles.

PARA DEPTO. DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarimas vacías disponi- bles.
A	10 (7)	22	10 (1)	20	8
B	15	20	12 (4)	8 (9)	13
C	20	12 (10)	10 (1)	15	11
Tarimas vacías requeridas.	7	10	6	9	32

Tiempo Total Requerido: 330 min.

Como nos pudimos dar cuenta este procedimiento es tedioso aún para problemas "pequeños", por lo que es de mucha utilidad el auxilio de las computadoras, para resolver este tipo de problemas y el enfoque que se pretendió dar, fué con el fin de mostrar el método de resolución; también queremos mencionar que la solución inicial que se mostró con anterioridad no es en definitiva la mejor forma de iniciar la solución, aunque probablemente es la forma más sencilla de iniciar ésta.

En la resolución de este tipo de problemas exige un aspecto muy importante y el cual es conocido como degeneración. La degeneración se presenta cuando en los cambios de asignación para obtener una mejora, dos de las asignaciones existentes se convierten en cero, en vez de una sola, como se vió en el ejemplo. Con el objeto de analizar este aspecto, observemos la Tabla - VII (la cual tiene una ligera modificación con respecto al problema resuelto).

TABLA VII. La Evaluación de la Casilla BZ Produce Degeneración.

PARA DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarimas vacías disponi- bles.
A	10 ⑤	22	10	20 ③	8
B	15	20 ⑤ (-)	12 ⑧	8 (+)	13
C	20	12 ⑥ (+)	10	15 (-) ⑤	11
Tarimas vacías requeridas.	5	11	8	8	32

Este problema se resolvió de la misma forma que el otro, empezando la resolución con una solución inicial columna por columna y realizándose los cambios donde existían mejoras. En la Tabla VII se hace la evaluación de la casilla BZ

por medio del circuito mostrado y en donde se obtiene una mejora de 15 minutos debido al cambio de una unidad; como cuando existe una mejora, debe obtenerse el máximo de provecho, se realizan el número máximo permitido de cambios, en este caso existen las limitaciones de las casillas BX y CZ, en donde cada una tiene cinco tarimas asignadas; cuando el cambio en asignaciones es realizado, tanto BX como CZ se transforman en cero, esto es mostrado en la Tabla VIII y el resultado de esto es que las casillas CW, AX, BX, CY y CZ no pueden ser evaluadas debido a que no se puede establecer un circuito cerrado para ellas.

TABLA VIII. La Degeneración Ocasiona que las Casillas CW, AX, BX, CY y CZ No Pueden Ser Evaluadas.

PARA DEPTO. DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarimas verdes disponi- bles
A	18 (5)	27	19	25 (7)	8
B	15	20	17 (9)	8 (5)	13
C	20	17 (11)	10	15	11
Tarimas verdes requeridas.	5	11	8	8	32

La degeneración puede ser resuelta si se consi-

dera una de las dos casillas donde la asignación desaparece como una casilla con una asignación igual a cero (pensándose como una asignación infinitesimalmente pequeña). Esto es ilustrado en la Tabla IX. La casilla con asignación cero es usada entonces, para completar los circuitos de la forma normal.

TABLA IX. Degeneración Resuelta.

PARA DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarjetas vacías disponi- bles.
A	10 ⑤	27	10	27 ③	8
B	15	20 ①	12	8 ⑤	13
C	20	12 ①	10	15 ①	11
Tarjetas vacías requeridas.	8	11	8	8	32

Si este caso es dado; entonces para los análisis siguientes, en donde la casilla sea uno de los límites de los cambios en asignaciones, la asignación cero es cambiada a la casilla que se está evaluando y el procedimiento continúa de la manera usual; esto se ilustra en la Tabla X. Cuando el cuadro CY es evaluado, la mejora es indicada, pero el cambio en la asignación no



puede ser realizado por la limitación de la asignación cero. La asignación cero es entonces movida a CY y el procedimiento continúa hasta que se obtiene la solución óptima.

TABLA X. Cambio de la Asignación Cero Cuando Esta es la Asignación Limitante.

PARA DEPTO. / DEL DEPTO.	W	X	Y	Z	Tarimas vacías disponibles.
A	10	22	10	29	8
B	15	20	17	8	13
C	20	12	17	15	11
Tarimas vacías requeridas.	8	11	8	8	32

Diagrama de flujo de asignación:

- Una flecha horizontal de izquierda a derecha va de la celda (B, Y) a la celda (B, Z). El número 8 está en la celda (B, Y) y el número 5 está en la celda (B, Z).
- Una flecha horizontal de izquierda a derecha va de la celda (C, Y) a la celda (C, Z). El número 8 está en la celda (C, Y) y el número 5 está en la celda (C, Z).
- Una flecha vertical de arriba a abajo va de la celda (B, Y) a la celda (C, Y). El número 8 está en la celda (B, Y) y el número 8 está en la celda (C, Y).
- Una flecha vertical de arriba a abajo va de la celda (B, Z) a la celda (C, Z). El número 5 está en la celda (B, Z) y el número 5 está en la celda (C, Z).

Hasta este punto hemos analizado el caso cuando la disponibilidad del material a moverse es igual al material requerido; pero ¿Qué pasa cuando el material con que se dispone es diferente del material requerido? Para analizar este aspecto, supondremos que en el problema antes expuesto, se modifica de la siguiente forma: El total de tarimas disponibles de los tres departamentos es treinta y siete y los requerimientos de los cuatro departamentos permanece -

en treinta y dos tarimas. Esta situación puede ser resuelta por la creación de un departamento ficticio o imaginario que recibirá las tarimas excedentes, que en este caso son cinco. Al departamento imaginario se le asigna un tiempo de cero para los viajes redondos, dado que las tarimas nunca serán enviadas; entonces, la solución óptima asigna treinta y dos de las treinta y siete tarimas disponibles en la forma más económica a los cuatro departamentos reales y el resto del balance al departamento imaginario.

TECNICAS PARA SIMPLIFICAR LA SOLUCION DEL PROBLEMA.

Se puede simplificar considerablemente la complejidad aritmética, por medio de la obtención de las diferencias en costo, en vez de sus valores absolutos. Por lo tanto, se pueden reducir todos los costos en una cantidad fija y la asignación resultante será inalterable; en nuestro ejemplo, se pueden restar el valor de 8 minutos en toda la distribución de valores de tiempo, - con lo que los números ahora son de tal magnitud que muchas evaluaciones pueden realizarse - por simple inspección.

La solución inicial empezada con la casilla superior izquierda no es muy usada en la práctica, debido a que es una solución muy pobre y nos involucra el desarrollo de un gran número de pasos para llegar a la solución óptima, en cambio colocando la casilla con el costo más bajo en la posición superior izquierda de la matriz, obtenemos un inicio con cierta ventaja. El procedimiento usual, es iniciar con una solución que por una simple inspección prometa ser económicamente posible. Existen algunos métodos de simplificación que son comunmente usados como los métodos de renglón mínimo, columna mínima, matriz mínima y otros.

USOS DEL METODO DE DISTRIBUCION.

Los grandes problemas de las relaciones entre fábricas y bodegas, bodegas y distribuidores, etc., presenta una gran área de utilidad para la programación lineal, esto se enfatiza en la situación de multiplantas en donde los costos de transportación a varios distribuidores o bodegas son diferentes. Es fácil de ver que este tipo de situaciones son paralelas a la que analizamos en el ejemplo de la distribución de ta-

rimas. Las fábricas tienen capacidades de productos disponibles y los almacenes o distribuidores tienen demanda para los productos; la solución del costo mínimo de envío es requerida y es obtenida por medio de la expansión de los límites del problema; el costo de producción en las diferentes fábricas puede ser distinto debido a los diversos costos en mano de obra, costos de materias primas, etc. Con lo anterior, se puede determinar la asignación que minimiza la suma de los costos de producción y de transportación dentro del conjunto de la demanda de productos en los diversos almacenes. Esto elimina la posibilidad de adoptar una decisión que resultaría en suboptimización, si las dos decisiones son efectuadas por separado, esto es por ejemplo: se podría obtener un costo mínimo de transportación considerando ambos casos separadamente, pero no sería el mínimo cuando los costos de producción y transportación son considerados juntos.

Otros problemas importantes pueden ser evaluados a través de esta estructura; supóngase que una de las fábricas tiene un alto costo de producción, ¿Cuál sería el efecto sobre la combinación de costos de producción y transporte si la

fábrica es cerrada y el suministro es hecho únicamente por las otras fábricas o por tiempo extra de las fábricas restantes, o la construcción de una nueva fábrica en una localización más ventajosa?

Las diferentes localizaciones también pueden ser evaluadas y las mismas preguntas pueden hacerse considerando los almacenes o bodegas.

En la mayoría de las fábricas existen problemas de transportación en los cuales los métodos de programación lineal pueden ser utilizados convenientemente.

La asignación de tareas a máquinas similares, pero que tienen costo de producción diferentes, pueden ser formulados de una manera similar a la que analizamos y dado que este tipo de problemas se presenta muy frecuentemente en la industria, analizaremos brevemente un ejemplo con estas características.

En una planta de productos farmacéuticos sus líneas de tableteado (formado de tabletas) cuentan con tres máquinas similares para obtener la producción, dentro de los principales productos que fabrican se encuentran cuatro tipos de tabletas, los cuales difieren entre sí en tamaño, las tres máquinas pueden fabricar los cua-

tro tipos de tabletas, haciendo los ajustes necesarios. A continuación se dan los datos de velocidad, costo de producción y el tiempo disponible para cada máquina en cada presentación, así como las cantidades requeridas a producir y su precio de venta.

La pregunta es ¿Cuál será la asignación de tareas a cada máquina, para que la operación se lleve a cabo con un máximo de utilidades?

PRESENTACION	MAQUINAS						CANTIDAD REQUERIDA (UNIDADES)	PRECIO DE VENTA (\$/UNIDAD)
	A		B		C			
	V	C	V	C	V	C		
Tabletas No. 1 (T-1)	30	1.60	50	1.00	45	0.80	532	2.00
Tabletas No. 2 (T-2)	12	3.00	20	2.50	20	2.50	360	4.00
Tabletas No. 3 (T-3)	90	0.50	70	0.70	55	0.80	900	1.00
Tabletas No. 4 (T-4)	60	0.75	40	1.25	40	0.90	480	1.75
Tiempo máquina Disponible (hrs)	24		20		25			

V = Velocidad de producción unidades/hr.

C = Costo total de producción \$/unidad.

Para resolver este ejemplo, al igual que en el anterior, es necesario plantear la matriz de distribución, solo que para hacer el planteamiento se requiere hacer comparables las características de cada máquina, por lo que se hacen las siguientes conversiones:

Dado que cada máquina tiene tiempos disponibles diferentes obtendremos sus horas estándar equivalentes (H.E.E.).

Las velocidades de producción promedio para cada máquina en los diferentes productos son las siguientes:

$$\bar{V}_a = \frac{38+12+90+60}{4} = 50 \quad ; \quad \bar{V}_b = \frac{50+20+70+40}{4} = 45 \quad ;$$

$$\bar{V}_c = \frac{45+20+55+40}{4} = 40$$

Para establecer la equivalencia seleccionaremos a la máquina que tenga la velocidad promedio más alta y a ésta se le asigna el número de índice (N I) igual a uno o sea se divide cada velocidad promedio entre la velocidad promedio más alta:

<u>MAQUINA</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
Vel. Promedio	50	45	40
Núm. Índice	1	0.90	0.8

Las horas estándar equivalentes serán la multiplicación del tiempo máquina disponible por su número de índice correspondiente:

<u>MAQUINA</u>	<u>NI</u>	<u>T.U.M.</u>	<u>H.E.E.</u>
A	1	24	24
B	0.9	20	18
C	0.8	25	20
			<u>62</u>

Con el fin de tener todos los datos de cada máquina guardando una equivalencia, consideremos que las velocidades de producción para cada producto serán las que correspondan a la máquina que tiene NI = 1; por lo que las horas estándar equivalentes requeridas serán la división de la cantidad requerida de producción entre la velocidad de la máquina con NI = 1 para esa presentación.

<u>PRODUCTO</u>	<u>CANTIDAD REQUERIDA</u>	<u>Va.</u>	<u>H.E.E.</u>
T-1	532	38	14
T-2	360	12	30
T-3	900	90	10
T-4	480	60	8
			62

Ahora se determinará la contribución/hora estándar equivalente y deberá calcularse para cada presentación y con respecto a cada máquina.

$$\frac{\text{Contribución}}{\text{H.E.E.}} = \left[\begin{array}{cc} \text{Precio} & \text{Costo} \\ \text{de} & \text{de} \\ \text{Venta} & \text{Producción} \end{array} \right] \frac{\text{Velocidad}}{\text{de}} \frac{\text{Producción}}{\text{Producción}}$$

Los resultados son los siguientes:

CONTRIBUCION/H.E.E. (\$/HR.)

PRODUCTO	MAQUINA		
	A	B	C
T-1	15.20	38.00	45.60
T-2	12.00	18.00	18.00
T-3	45.00	27.00	18.00
T-4	60.00	30.00	51.00

Con todos estos datos ya se puede plantear la -
matriz de distribución y la cual queda de la si-
guiente manera:

PRODUCTO	MÁQUINA			DEMANDA (M.E.E.)
	A	B	C	
1-1	15.0	38.0	43.6	14
1-2	17.0	18.0	18.0	38
1-3	45.0	27.8	18.0	10
1-4	85.0	38.0	51.0	8
PRODUCCIÓN (M.E.E.)	24	18	20	62

Ahora se procede a resolver la matriz de distri-
bución de la misma forma que se explicó en el -
ejemplo anterior.

Una solución inicial sería la siguiente:

PRODUCTO	MÁQUINA			DEMANDA (H.E.E.)
	A	B	C	
T-1	15.2 (14)	38.8	45.8	14
T-2	12.0 (10)	18.0 (18)	18.0 (2)	30
T-3	45.0	27.0	18.0 (10)	10
T-4	60.0	30.0	51.0 (8)	8
PRODUCCION (H.E.E.)	24	18	20	62

CONTRIBUCION EQUIVALENTE INICIAL:

15.20 x 14	212.80
12.00 x 10	120.00
18.00 x 18	324.00
18.00 x 2	36.00
18.00 x 10	180.00
51.00 x 8	408.00
	<hr/>
	1,280.80

Ahora nuestro objetivo consistirá en encontrar la distribución que proporcione la máxima contribución.

Partiendo de nuestra solución inicial, se hace el análisis de las casilla vacías hasta llegar a la solución óptima.

Evaluación de la Casilla T-1-B

PRODUCTO	MÁQUINA			DEMANDA (K.E.E.)
	A	B	C	
T-1	15.7	38.0	45.1	10
T-2	12.0	18.0	18.0	30
T-3	45.0	27.0	18.0	10
T-4	30.0	30.0	51.0	8
PRODUCCION (K.E.E.)	24	18	20	87

Diagrama de flujo de unidades:

- En la casilla T-1, una flecha con el número 14 apunta de la columna B a la columna A.
- En la casilla T-2, una flecha con el número 12 apunta de la columna B a la columna A.
- En la casilla T-2, una flecha con el número 18 apunta de la columna A a la columna B.
- En la casilla T-2, una flecha con el número 2 apunta de la columna C a la columna B.
- En la casilla T-3, una flecha con el número 10 apunta de la columna C a la columna B.
- En la casilla T-4, una flecha con el número 8 apunta de la columna C a la columna B.

$$38 - 18 + 12 = 15.20 = 16.80$$

Dado que con el cambio se obtiene un incremento en la contribución, procuramos que este incremento sea máximo y esto se logra haciendo el cambio de catorce unidades que es la cantidad limitante:

$$\$16.80 \times 14 = \$235.20$$

Con este cambio la contribución es ahora de:

$$\$1,280.80 + \$235.20 = \$1,516.00$$

La matriz de la distribución después de hacer este cambio nos queda de la siguiente forma:

PRODUCTO	MÁQUINA			DEMANDA (M.E.)
	A	B	C	
T-1	15.7	38.0	45.6	14
T-2	12.0	18.0	18.0	30
T-3	45.0	22.0	18.0	10
T-4	60.0	38.0	51.0	8
PRODUCCION (M.E.)	24	18	20	62

Siguiendo con el análisis de cada casilla vacía se obtiene la solución óptima de la matriz y la cual es la siguiente:

PRODUCTO	MÁQUINA			DEMANDA (M.E.)
	A	B	C	
T-1	15.7	38.0	45.6	14
T-2	12.0	18.0	18.0	30
T-3	45.0	22.0	18.0	10
T-4	60.0	38.0	51.0	8
PRODUCCION (M.E.)	24	18	20	62

CONTRIBUCION OPTIMA * \$2,072.40

NOTA: Cabe aclarar que la solución inicial con que iniciamos la resolución, no es la más adecuada, ya que por una simple inspección de la matriz podemos asignar el máximo de piezas admisibles a las casillas que tengan la contribución más alta y de esta forma en un primer intento llegar a la solución óptima.

Si la solución óptima la convertimos a unidades normales nos queda la siguiente matriz de distribución:

PRODUCTO	MAQUINA			DEMANDA (PIEZAS)
	A	B	C	
T-1	0.40	1.00	1.20	532
T-2	1.00	1.50	1.50	
T-3	0.50	0.30	0.20	900
T-4	1.00	0.90	0.85	
PRODUCCION (PIEZAS)	1452	218	604	2274

CONTRIBUCION = \$2,072.40

EL METODO SIMPLEX DE PROGRAMACION LINEAL

El Método Simplex tiene una extensión de aplicación más general, que el Método de Distribución, y aún el tipo de problemas de distribución, pueden ser resueltos por este método, solo que el trabajo es mayor; sin embargo el Método Simplex puede ser usado, donde el Método de Distribución es difícil de aplicar; a continuación se resolverá un problema, con lo que se podrá observar el tipo de problemas al que es aplicable este método.

El método de resolución se inicia con el planteamiento de un modelo para el problema, en términos de este método; el desarrollo de la resolución se puede considerar como un procedimiento mecánico. Si las reglas para la resolución se siguen correctamente, dado el modelo Simplex del problema, las respuestas obtenidas serán correctas.

INTERPRETACION GRAFICA DEL METODO SIMPLEX

Para los problemas simples se puede mostrar gráficamente como las restricciones en un problema de programación lineal, limitan las soluciones posibles y también se observará como la función

objetiva se emplea para determinar la solución óptima. Para ejemplificar, consideremos una situación simple para una planta que fabrica suturas quirúrgicas de tipo animal (catgut), estas suturas son de dos tipos principalmente, una - con un tratamiento de cromo y la otra sin éste, los cuales llamaremos catgut crómico y catgut - simple. Las principales partes del proceso en las hebras son: curado, pulido o calibrado y - tratado.

La capacidad mensual en cada una de las opera-- ciones del proceso que mencionamos, son las si- guientes:

<u>OPERACION</u>	<u>CATGUT SIMPLE</u>		<u>CATGUT CROMICO</u>
Curado	10,000	6	10,000
Pulido	16,000	6	7,000
Tratado catgut simple	9,000		-
Tratado catgut crómico	-		5,000

En otras palabras, los mismos equipos son utili- zados para los dos productos en las operaciones de curado y pulido. La operación de curado pue- de procesar 10,000 piezas por mes de catgut sim- ple o 10,000 piezas por mes de catgut crómico o la cantidad combinada de ambos.

En la operación de pulido, existe una situación

similar, pero en la operación de tratado se tienen condiciones completamente diferentes para los dos productos.

La contribución (valor de las ventas menos costos variables), es de \$90 por catgut simple y de \$100 por el catgut crómico.

La pregunta es: ¿Cuántas piezas de cada producto debemos producir para maximizar la contribución?, asumiendo que todo lo que produce se puede vender.

El primer paso será considerar las restricciones del problema. Para efectos del problema, llamaremos el número de piezas de catgut simple por la letra "X" y el número de piezas de catgut crómico con la letra "Y".

Las restricciones más simples son las que impone la operación de tratado de las hebras, esta operación indica que el número de piezas de catgut simple debe ser menor o igual a 9,000 y el número de piezas de catgut crómico debe ser menor o igual a 5,000, estas restricciones están graficadas en la figura No. 7

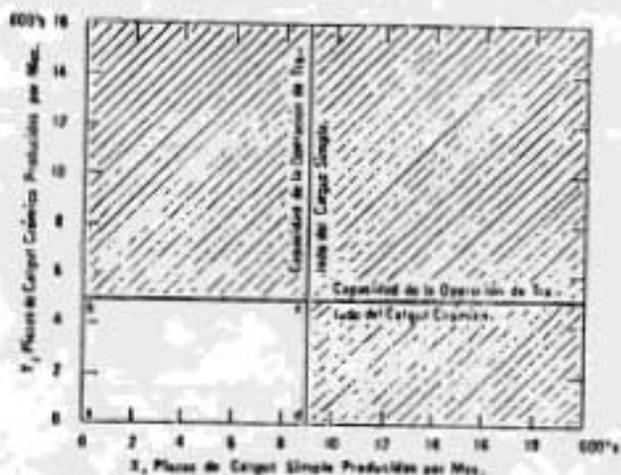


Fig. 7 Ilustración gráfica de las limitaciones impuestas por la capacidad de la operación de tratado para el - catgut simple y crómico.

El área achurada indica la parte de la gráfica, - la cual es eliminada como solución posible al - problema por las limitaciones de la operación de tratado. Cualquier solución del problema debe - ser una combinación del número de piezas de catgut simple y crómico que estén dentro del área, a, b, c, d.

Las otras limitaciones al problema no tienen mucha importancia. Los límites de capacidad de - producción en la operación de curado es de 10,000 piezas de catgut simple por mes, 10,000 piezas -

de catgut crómico por mes; o cualquier combinación comparable de catgut simple y crómico; las combinaciones pueden ser 8,000 de catgut simple y 2,000 de catgut crómico, 5,000 de cada uno, etc. En la Fig. 8 se muestran el resto de las limitaciones, las cuales están representadas por líneas rectas.

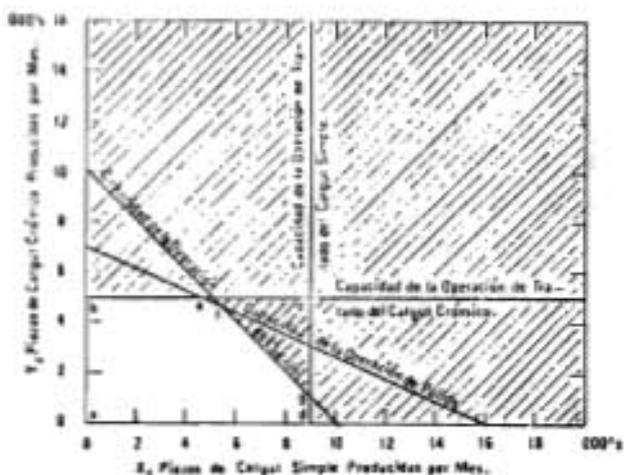


Fig. 8 Ilustración gráfica de todas las limitaciones del problema. El área comprendida por los vértices abefgd incluye todas las soluciones al problema.

Ahora sabemos que la combinación del número de piezas a producir de catgut simple y crómico está dentro del área abefgd y todas las otras

combinaciones han sido eliminadas. Pero aún queda la incógnita de ¿Cuál será la combinación de productos que maximice la contribución? Previamente se dijo que las contribuciones eran de \$90 por pieza de catgut simple y \$100 por pieza de catgut crómico; en base a lo anterior, nuestra función objetivo es:

$$90x + 100Y = \text{MAXIMO}$$

Nosotros queremos la combinación de número de piezas de catgut simple y crómico que sean posible producir y que además nos dé la máxima contribución.

Vamos a seleccionar arbitrariamente una contribución para observar como está representada gráficamente. Por ejemplo a una contribución total de \$450,000 la función objetivo es:

$$90x + 100Y = 450,000$$

CUANDO:

$$X = 0 \quad Y = 4,500$$

Y:

$$Y = 0 \quad X = 5,000$$

La línea que pasa por estos dos puntos es mostrada en la Fig. 9 como la línea \$450,000. Esta línea define todas las combinaciones de piezas de catgut simple y crómico a producirse y que dan -

una contribución total de \$450,000.

Ahora seleccionaremos arbitrariamente un valor - de contribución más grande \$630,000 con lo que - la función objetivo es:

$$90x + 100y = \$630,000$$

CUANDO:

$$x = 0 \quad y = 6,300$$

Y:

$$y = 0 \quad x = 7,000$$

La línea que pasa por estos dos puntos también - se muestra en la Fig. 9 como la línea \$630,000 - y también define todas las combinaciones de piezas de catgut simple y crómico a producirse, para dar una contribución total de \$630,000; se observa que esta línea es paralela a la línea - \$450,000.

Si nuevamente incrementamos la contribución total, quizá a \$900,000, tenemos de la misma forma la línea \$900,000, también mostrada en la Fig. 9.

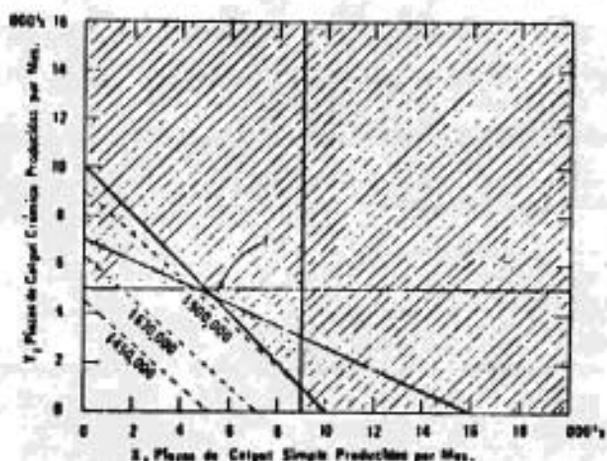


Fig. 9 Gráfica con las líneas de contribución para mostrar el efecto del incremento de ésta.

Ahora podemos observar que la contribución está limitada en tamaño por el punto "f". Esto define la combinación de piezas de catgut simple y - crómico a producirse y que proporcionará la contribución más grande posible dentro del área de soluciones factibles. Leyendo de la gráfica, el punto "f" está aproximadamente en las coordenadas $X = 5,300$, $Y = 4,700$. Dado que el punto "f" es la intersección de las dos líneas que definen las capacidades de las operaciones de curado y - pulido, podemos determinar el punto "f" exactamente, resolviendo simultáneamente estas dos -

ecuaciones. Estas dos ecuaciones son de la forma $Y = MX + b$, donde "M" es la pendiente de la línea y "b" es la ordenada al origen. Las dos ecuaciones son:

CAPACIDAD DEL CURADO:

$$Y = 10,000 - X \quad (1)$$

CAPACIDAD DE PULIDO:

$$Y = 7,000 - \frac{7}{16} X \quad (2)$$

RESOLVIENDO SIMULTANEAMENTE:

$$10,000 - X = 7,000 - \frac{7}{16} X$$

$$\frac{9}{16} X = 3,000$$

$$X = 5,333 \text{ piezas de catgut simple.}$$

USANDO ESTE VALOR EN LA ECUACION (1):

$$Y = 10,000 - 5,333 = 4.667 \text{ piezas de catgut crómico.}$$

Estos valores están de acuerdo con los que se habían leído aproximadamente de la gráfica.

Observando la gráfica, vemos que todas las líneas de restricciones del problema, así como las líneas que representan la función objetivo, son líneas rectas, o sea son funciones lineales y es de aquí de donde viene el nombre de programación lineal.

La representación gráfica de la programación lineal extendida a tres dimensiones como pudiera ser el caso en que se tuvieran tres productos; en esta situación en lugar de tener líneas representando las restricciones y las funciones objetivos, tendríamos planos y las soluciones posibles en lugar de estar comprendidas en una área, aparecerían en un volumen y la solución óptima ocurriría en la intersección de los planos. Cuando el problema requiere más de tres dimensiones, no existe una representación geométrica directa.

COMENTARIOS

Como se ha podido observar la programación lineal es una herramienta de mucha utilidad para obtener el máximo de aprovechamiento de las plantas. Este método ha tenido gran aceptación en la industria, lo cual ha originado que se vaya aplicando a problemas cada vez más complejos y claro, la resolución de estos problemas, también resulta más complicada, por lo que la utilización de las computadoras es necesaria.

En este trabajo sólo quisimos dar un enfoque muy general de esta técnica y de sus aplicaciones: actualmente existe literatura muy amplia sobre este tema, la cual incluye todos los fundamentos

matemáticos para su desarrollo y que son el punto de partida para la elaboración de los programas para computadoras electrónicas.

1.3.2 Ruta Crítica (PERT/CPM)

Historia de la Ruta Crítica:

El método de ruta crítica es básicamente, el resultado marginal de exhaustivos estudios sobre investigación de operaciones. Los primeros trabajos de ruta crítica se realizaron tratando de perfeccionar las técnicas de planeación y programación existentes por 1957. Los primeros trabajos fueron desarrollados por la División de Estudios de Ingeniería de la DuPont y la primera aplicación del método fué llevada a cabo con resultados muy alentadores.

Simultáneamente a estas investigaciones, la Marina de los Estados Unidos, en colaboración con un despacho de consultores, desarrollaban una técnica similar, diseñada para coordinar el progreso de los distintos contratistas y agencias que trabajaban en el proyecto Polaris; esta técnica fué llamada PERT; que resume las iniciales de Program Evaluation and Review Technique (Técnica de Evaluación, Programación y Revisión). En su forma original, los dos sistemas eran muy similares, con una característica innovadora muy importante: la separación de las funciones de planeación y programación. Ambas técnicas -

utilizaban diagramas de flechas para indicar - las interrelaciones de las distintas actividades componentes del proyecto, culminando con un plan integral y único, lo que permite su revisión racional por parte del responsable de la - ejecución.

Había, sin embargo, algunas diferencias entre - los dos sistemas. El método de ruta crítica - era, básicamente, una técnica para la dirección de proyectos y estaba encaminado hacia la realización de las actividades que los componen.

PERT era una técnica coordinadora orientada hacia los hechos de un proyecto, es decir, hacia la terminación o inicio de las actividades. El método de ruta crítica, por otra parte permitía estimar el enlace de tiempo y costo en la ejecución de las actividades y tomar decisiones entre alternativas de menor duración y mayor costo. PERT en principio no poseía esta característica, pero tenía cualidades que la ruta crítica no incluía tales como la capacidad para introducir el cálculo de las probabilidades en - las estimaciones de la duración de las actividades. En la actualidad el modelo probabilístico es aplicado tanto en el método de ruta crítica como en el de PERT.

Otra diferencia entre ambos métodos es la preparación del diagrama de flechas. El procedimiento de ruta crítica resulta un sistema de red ligeramente más simple, porque representa las actividades como ocurren en los nudos y con las flechas mostrando la secuencia de las actividades para el proyecto. La ventaja de la ruta crítica es que no necesita involucrar el uso de actividades ficticias, con el fin de representar la secuencia propia.

Estas diferencias no representan modificación alguna a la hora de realizar los cálculos necesarios ya que ambas técnicas conducen a los mismos resultados. Por lo que se puede decir que ambas técnicas son equivalentes.

Generalizando, el método de ruta crítica se desarrolló como una técnica orientada hacia la ejecución óptima de las actividades de un proyecto, en tanto que el PERT estaba orientado hacia la culminación de los hechos para la coordinación de un proceso. Como resultado de investigaciones posteriores, ambas técnicas se han consolidado hasta llegar a ser la una sinónima de la otra. Por lo que en este trabajo nombraremos indistintamente el método como PERT o Ruta Crítica, aunque posteriormente analizaremos

sus diferencias.

Dado el éxito que han generado estas técnicas, en la actualidad tienen una aplicación generalizada, ocasionando que la dirección de proyectos se transforme de arte en ciencia.

Aplicación y Beneficios:

La aplicación potencial del método de ruta crítica abarca desde los estudios iniciales para un proyecto determinado, hasta la planeación y operación de sus instalaciones. A esto se puede añadir una lista interminable de aplicaciones posibles de tipo específico. Así, podemos afirmar que el método de ruta crítica es aplicable y útil en cualquier situación en la que se tenga que llevar a cabo una serie de actividades o tareas relacionadas entre sí para alcanzar un objetivo determinado. Las actividades pueden ser del tipo más variado: toma de decisiones, trabajos físicos, compras, evaluaciones, estudios técnicos, lanzamiento de productos nuevos, etc.

Los beneficios derivados de la aplicación del método de ruta crítica se presentarán en relación directa a la habilidad con que se haya

aplicado la técnica. De ninguna manera la ruta crítica es una panacea que resuelva todos los problemas de planeación, programación y control de un proyecto. Cualquier aplicación incorrecta producirá resultados adversos, del mismo modo que el manejar inapropiadamente una máquina afectará la producción. No obstante, si el método de ruta crítica es utilizado correctamente, determinará un proyecto más ordenado y mejor balanceado que podrá ser ejecutado de manera más eficiente y normalmente, en menor tiempo.

Un beneficio primordial que nos brinda este método, es que resume en un solo documento la imagen general de todo el proyecto, lo cual nos ayuda a evitar omisiones, identificar rápidamente contradicciones en la planeación de las actividades, facilitando abastecimientos ordenados y oportunos; en general, logrando que el proyecto sea llevado a cabo con un mínimo de tropiezos.

La aplicación del método nos ofrece otros beneficios específicos, tales como:

1. Permite la planeación y programación de los recursos disponibles.

El responsable del proyecto puede planear y

programar racionalmente los recursos necesarios para realizar el proyecto: mano de obra, materiales, equipo y capital de trabajo.

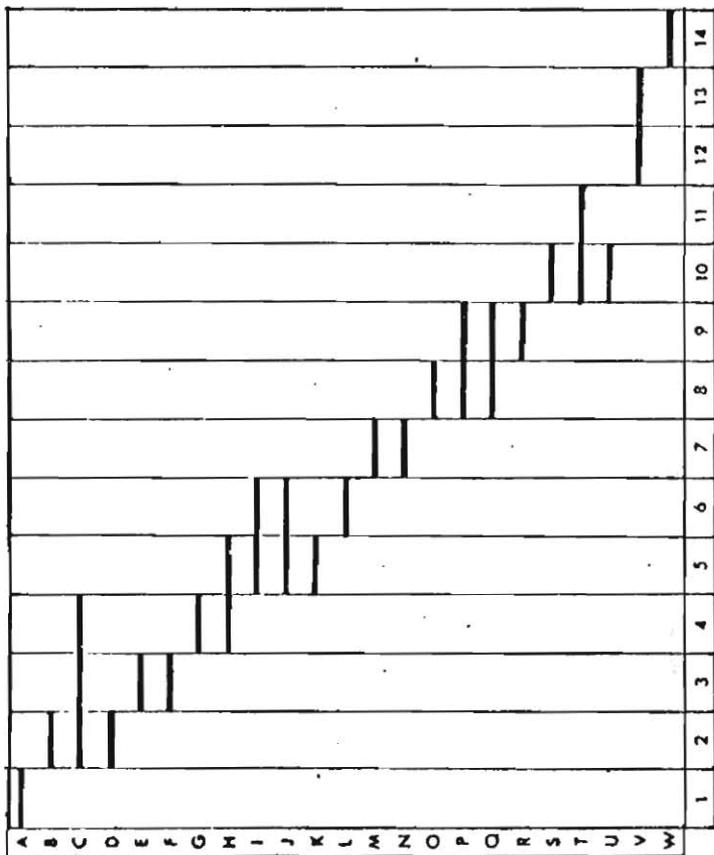
2. Permite la simulación de caminos alternativos de acción. Las características del método, lo hacen un excelente medio para examinar y comparar los costos, recursos necesarios, ventajas y desventajas de las alternativas disponibles para alcanzar el objetivo deseado.
3. Es un importante auxiliar en el entrenamiento de personal. A menudo el método se convierte en un medio efectivo de capacitación de personal, ya que ilustra la importancia individual de cada actividad y las interdependencias en la ejecución de las distintas tareas.
4. Es una guía para el refinamiento del proyecto. A medida que progresa la realización de un proyecto, aparecen sugerencias y nuevas oportunidades para hacer más eficiente su ejecución. Así, el método hace posible una evaluación objetiva de la conveniencia de dichos refinamientos.

5. Es un medio efectivo para reducir al mínimo los efectos nocivos de contingencias, o circunstancias adversas para la realización del proyecto. Normalmente, durante la ercción de un proyecto, se presentan contingencias de la más diversa naturaleza (fenóme--nos meteorológicos, insuficiencia de mate--riales o mano de obra, etc.), que alteran - la programación o el costo del proyecto, o ambos. Sin embargo, el método permite el - estudio de tales contingencias y ayuda a se--guir un procedimiento racional para la óptima solución de los problemas que pueden presentarse.

Al empezar a aplicar esta técnica, el ejecutor se dará cuenta de que obtendrá mejores resultados utilizándola al máximo, pues su aplicación dinámica proporciona una visión general y actualizada del proyecto, lo que le permitirá tomar decisiones sobre bases objetivas y bien informadas.

Método de Planeación PERT:

La esencia del método está basada en el desarrollo de la presentación de un diagrama de actividades como se indica en la Fig. 10-8. Las fi



TIEMPO →

Diagrama de Barras

Figura, 10 - A

- 211 -

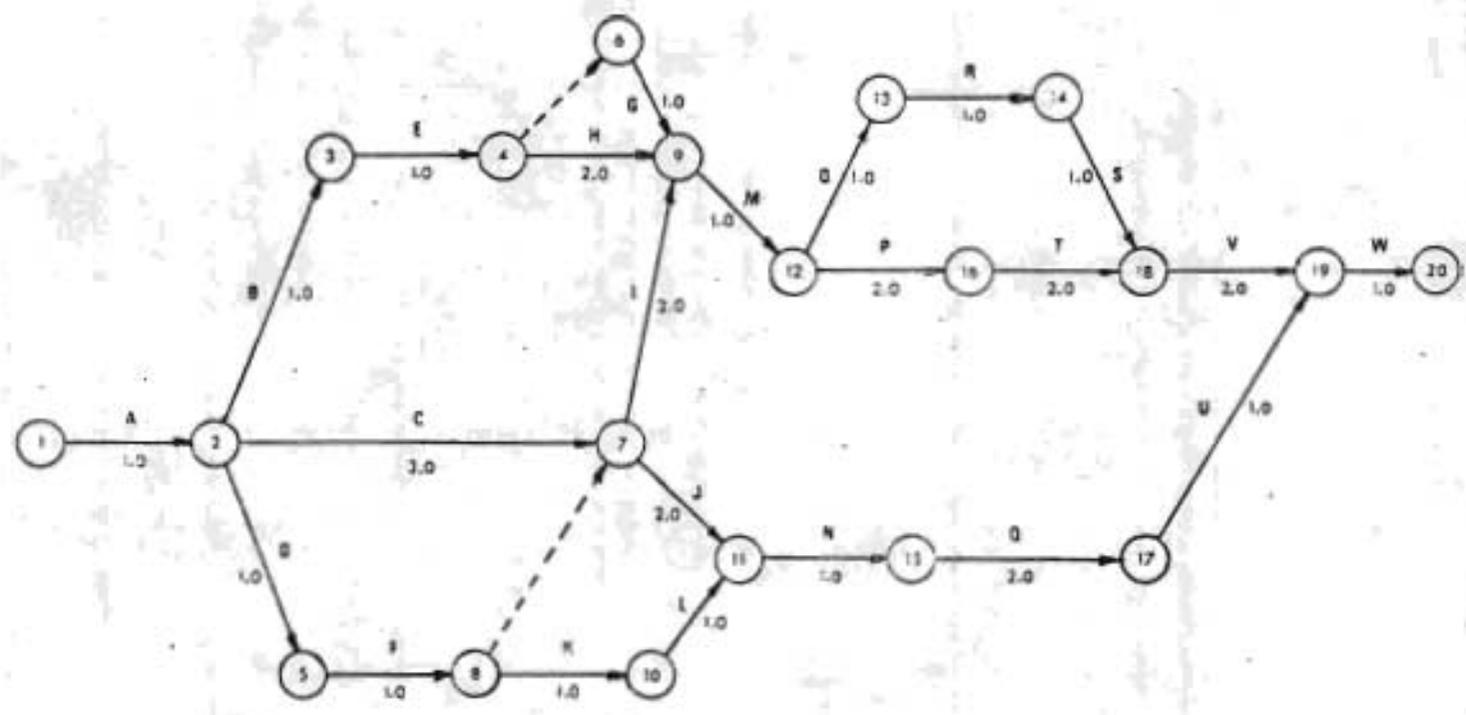


Diagrama de Fichas

Figura. 10-8

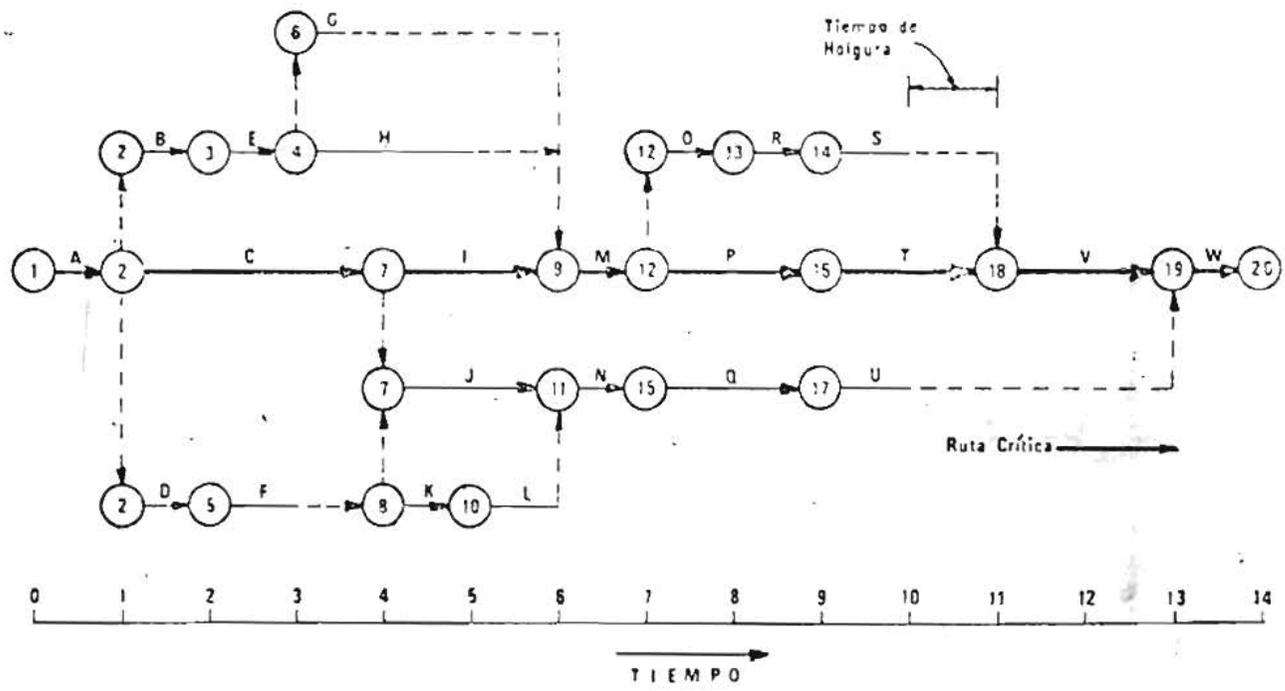


Diagrama de flechas Relacionado al Tiempo

Figura 10-C

chas representan las actividades requeridas y -
las cuales se codifican por letras y cerca de -
la flecha se anotan los tiempos estimados de -
realización. La longitud de las flechas ordinar
riamente no tiene significado. Los círculos nu
merados definen el inicio y el fin de las acti-
vidades y son llamadas "EVENTOS" o "NODOS". La
dirección de las flechas indica el flujo, en el
sentido de que el nodo 2 marca el fin de la ac-
tividad A y el inicio de las actividades B, C y
D; el nodo 3 señala el final de la actividad B.
El diagrama de flechas también representa las -
relaciones precedentes requeridas para todas -
las actividades; por ejemplo, las actividades B,
C y D no pueden iniciarse hasta que la activi-
dad A ha sido llevada a cabo, pero las actividad
es B, C y D pueden realizarse simultáneamente.
Las figuras 10 A, B y C todas representan el -
mismo plan. Es indudablemente más fácil visua-
lizar las relaciones fijas de tiempo en el dia-
grama de barras de la Fig. 10 A, pero este dia-
grama no contiene toda la información crucial a
cerca de la precedencia de requerimientos. El
diagrama de barras muestra los tiempos próximos
de iniciación y terminación de cada actividad,
pero no muestra el tiempo último en que cada ac

tividad puede iniciarse, de forma que su duración no interfiera con el inicio de las actividades siguientes.

En la Fig. 10 C es el diagrama de flechas relacionado al tiempo y el cual muestra más información; aquí la longitud de las líneas representan los tiempos estimados de la actividad y las líneas punteadas representan las holguras en la programación; por ejemplo la actividad S requiere una unidad de tiempo y puede iniciarse en $t = 9$, pero necesariamente no puede iniciarse antes de $t = 10$ para ser terminada en su tiempo próximo de terminación $t = 11$. Si la actividad S está terminada a cualquier tiempo entre $t = 10$ y $t = 11$; la actividad V puede iniciarse a tiempo. Note también que la actividad V, la cual depende de la realización de S y T, para su tiempo de realización $t = 11$, no tiene tiempo de holgura en su programación.

Como se ve, la Fig. 10 C solamente las actividades G, F, H, S y U tienen holgura; sin embargo algunas otras actividades pueden utilizar estas holguras, por ejemplo: si la actividad J es demorada en una unidad de tiempo, no es cosa sería porque N, Q y U pueden ser retrazadas en esa unidad de tiempo, utilizando las unidades -

de tiempo de holgura asociadas a la actividad U. Si alguna de estas actividades utiliza las tres unidades de tiempo de holgura, todas las actividades siguientes seguirán siendo críticas, esto es, ellas deben iniciarse y finalizarse en sus tiempos de terminación o de otra manera el proyecto será demorado y la fecha de consumación no será alcanzada.

Ahora enfocaremos la atención a la secuencia de actividades A-C-I-M-F-T-V-W en la Fig. 10 C. Estas actividades están conectadas por flechas más gruesas y que representan la ruta crítica; no existen holguras en su programación, ni pueden absorber holguras de otras actividades. Este conjunto de actividades define la ruta crítica a través del diagrama. Cada una de estas actividades debe iniciarse y terminarse a tiempo, si es que se quiere alcanzar la fecha de terminación en $t = 14$. La ruta crítica es la ruta con el tiempo más largo en el diagrama de flechas.

El diagrama de flechas resume en forma compacta una gran cantidad de información importante: las actividades requeridas, la interrelación de las actividades y las holguras de la programación. Del diagrama de flechas básico, podemos

calcular fácilmente información crucial, respecto a los tiempos remotos y próximos de iniciación, utilizando las holguras en la programación de las actividades y en la ruta crítica. Ordinariamente, el diagrama de flechas es similar al de la Fig. 10-B y es usado en vez del diagrama en que se involucra el tiempo. esto es debido a que por lo regular el sistema completo es calculado en computadoras, la cual da toda la información necesaria.

Elaboración de una Ruta Crítica:

Las fases del desarrollo para la elaboración de una ruta crítica son:

- A) Análisis de actividades.
- B) Diagrama de flechas.
- C) Numeración de nodos.

Para comprender mejor la utilización de este método, emplearemos un ejemplo simple el cual consiste en el desarrollo técnico para la fabricación de un cosmético líquido envasado en una botella de plástico.

A) Análisis de actividades:

- La generación de la lista de actividades,

es a menudo elaborada en juntas y discusiones de mesas redondas y en las cuales se solicita la cooperación tanto del personal administrativo, como del personal de operaciones que esté involucrado en el proyecto. El resultado del proceso es una lista de actividades como la que se muestra a continuación, aplicable para nuestro ejemplo del desarrollo técnico para la fabricación del cosmético, Tabla I (v. siguiente página).

**DESARROLLO TÉCNICO PARA LA FABRICACION DE UN COSMETICO
LIQUIDO ENVASADO EN UNA BOTEILLA DE PLASTICO.**

ACTIVIDAD No.	ACTIVIDAD	ACTIVIDADES PRECEDENTES INMEDIATAS	TIEMPO (DIAS)
A	Inicio.	-	0
B	Recibir información de los Departamentos técnicos.	A	1
C	Investigación y selección de los proveedores de materias primas.	B	14
D	Desarrollo de la formulación.	C	7
E	Pruebas de laboratorio.	D	10
F	Aceptación de la formulación.	E	1
G	Investigación y selección de los proveedores de material de empaque.	B	7
H	Construcción de los moldes requeridos para el material de empaque.	G	90
I	Requerimientos y selección del equipo para proceso y acondicionamiento.	B	7
J	Compra del equipo para proceso y acondicionamiento.	I	90
K	Distribución en planta del equipo.	I	3
L	Elaboración de textos para el material de empaque.	B	5
M	Pegistro legal de formulación y textos del material de empaque.	F,L	30
N	Fabricación y aprobación de muestras del material de empaque.	H	4
O	Elaboración del arte y dibujos originales de impresión para el material de empaque.	M	7
P	Instalación del equipo.	J,K	15
Q	Elaboración de especificaciones del material de empaque.	N,O	3
R	Elaboración de especificaciones de materia prima y métodos de prueba.	F	7
S	Pruebas de arranque del equipo.	M,P	7
T	Elaboración de métodos de manufactura.	S	2
U	Compra del material de empaque requerido.	Q	45
V	Compra de materias primas requeridas.	M,R	30
W	Elaboración del primer lote.	T,U,V	2
X	Pruebas de Control de Calidad al producto terminado.	W	7
Y	Lanzamiento.	X	2
Z	Terminación.	Y	0

B) Diagrama de flechas:

La representación visual de la ruta crítica es el diagrama de flechas o red de actividades, que consiste en la ilustración gráfica del conjunto de operaciones de un proyecto y de sus interrelaciones. La red está formada por flechas que representan actividades y nodos que simbolizan hechos. Cualquier proyecto puede ser subdividido en diversas actividades componentes, pero su ejecución depende, lógicamente, de la programación.

Cuando se encuentran varias flechas conectadas una tras otra, es que existe una secuencia entre ellas; esa es la forma de ilustrar dicha dependencia. Los nodos o uniones de flechas, denominados hechos, se representan en la gráfica en forma de círculos y significan la terminación de las actividades que culminan en un hecho determinado y la iniciación de las subsecuentes.

Para preparar un diagrama de flechas se deben contestar tres preguntas básicas sobre cada flecha o actividad específica.

1. ¿Qué actividades deben ser realizadas -

inmediatamente antes de la ejecución de ésta?

2. ¿Qué actividades deben llevarse a cabo inmediatamente después de realizar la presente?
3. ¿Qué actividades se pueden realizar simultáneamente a la ejecución de ésta?

Actividades ficticias:

Se debe tener cuidado en representar correctamente las actividades precedentes actuales en el diagrama de flechas; por ejemplo, en un caso particular que no es del ejemplo observamos las actividades inmediatas precedentes para la actividad S y la actividad U. La actividad S tiene como actividades precedentes inmediatas las actividades O y T, mientras que U tiene la actividad T como única actividad precedente. La relación mostrada en la Fig. 11-A no representa correctamente esta situación, porque especifica, que el inicio de U es dependiente tanto de O como de T y esto no es verdadero. Para representar la situación correcta, debemos recurrir al uso de una actividad ficticia, la cual requiere un tiempo de realización -

igual a cero. La Fig. 11-B nos representa este requerimiento.

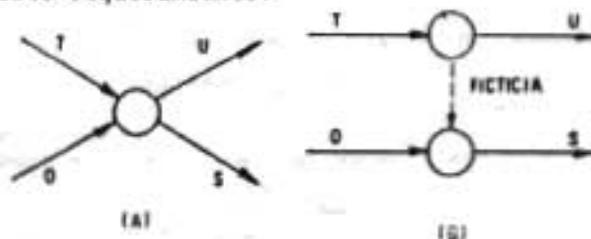


FIGURA 11.

La actividad U ahora depende únicamente de la realización de T. A través de la actividad ficticia, sin embargo T y O deben ser completadas antes de iniciarse la actividad S.

La actividad ficticia proporciona la secuencia lógica de las relaciones, pero dado que tiene cero tiempo de realización, no altera cualquier relación programada que sea desarrollada posteriormente.

Otro uso de la actividad ficticia es proporcionar un específico y definido inicio y final de un evento o nodo para cada actividad y sin riesgo de confusión; por ejemplo, tenemos cuatro actividades: L, M, N y T; y la actividad L debe preceder M y N; pero M y N son las actividades precedentes a T. Por lo tanto, la relación funcional correcta es

tá representada en la Fig. 12-A, pero si la Fig. 12-A fuera usada, no sería posible - identificar cada actividad por sus eventos antecedentes y subsecuente, porque las actividades M y N empezarían y terminarían en el mismo número de nodo. Esto es importante, particularmente en grandes diagramas de actividades en los que se emplean programas de computadoras para generar el diagrama. La computadora está siempre programada para identificar cada actividad por un par de números de eventos; el problema es resuelto - por la inserción de una actividad ficticia como se muestra en la Fig. 12-B.

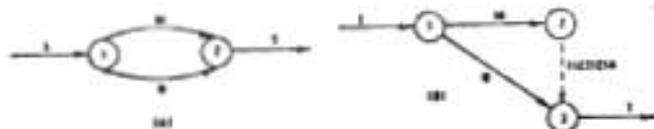


FIGURA 12.

La relación funcional es idéntica, dado que la actividad ficticia no requiere de tiempo, pero ahora M y N son identificadas por una combinación diferente de nodos.

La Fig. 13 nos muestra el diagrama de flechas completo para el ejemplo del desarro-

llo técnico para la fabricación del cosmético. Las actividades son identificadas con sus tiempos requeridos en días, todos los nodos están numerados y también se muestra la Ruta Crítica. Los tiempos de actividad no son utilizados y no son necesarios para la construcción del diagrama; sin embargo, los tiempos de actividad tienen un gran significado en la generación de datos para el programa.

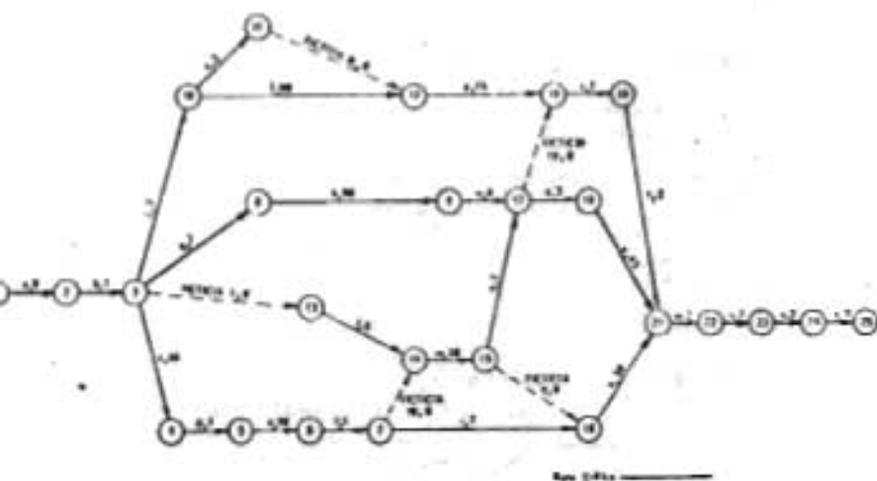


Diagrama PERT para el Proyecto del Cosmético Líquido para la fabricación de Cosméticos Líquidos en una Planta de Fábrica.

FIGURA 13.

C) Numeración de nodos:

La numeración de nodos mostrada en la Fig. 13 ha sido realizada en una forma particular. Si identificamos cada actividad por sus números inicial (i) y final (j) y de tal forma que siempre i es menor que j, $i < j$. Todos los números son progresivos y una regresión no es permitida. Esta convención en la numeración de nodos es efectiva, sobre todo en programas de computación para desarrollar redes de actividades para evitar la presentación de ciclos o circuitos cerrados.

Un circuito cerrado ocurrirá si una actividad es representada retrocediendo con respecto al tiempo, esto es mejor visualizado en la Fig. 14 la cual es simplemente la estructura de la Fig. 12-B con la actividad N en dirección opuesta.

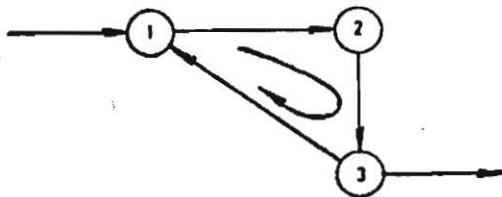


FIGURA 14.

Un circuito cerrado en un diagrama de flechas puede resultar debido a un simple error o cuando la actividad planea una prueba y para señalar la repetición de la actividad antes de iniciar la siguiente actividad. Una repetición de una actividad debe ser representada por medio de actividades adicionales separadas, definidas por sus propias numeraciones de nodos. Un circuito cerrado produciría un ciclo sin fin en un programa de computadora, si es que no se integra una rutina para la detección e identificación del ciclo. Entonces, una propiedad de una red de actividades construida correctamente es que debe ser no cíclica.

Programación de la Ruta Crítica:

Datos de mucha importancia en la programación de ruta crítica son los tiempos próximos y remotos de iniciación y terminación y el aprovechamiento de las holguras para todas las actividades; tanto como, la ruta crítica a través del diagrama de flechas.

Tiempos Próximos de Iniciación y Terminación:

Si tomamos como cero el tiempo de iniciación del proyecto, entonces para cada actividad existirá un tiempo próximo de iniciación (TPI), relativo al tiempo de inicio del proyecto, el cual es el tiempo próximo posible en que la actividad puede iniciarse, asumiendo que todas las actividades precedentes también se iniciarán en sus TPI. Entonces, para esa actividad su tiempo próximo de terminación (TPT) es simplemente:

$TPI + \text{Tiempo de Actividad.}$

Tiempos Remotos de Iniciación y Terminación:

Ahora vamos a asumir que se tiene una fecha establecida como objetivo para la terminación del proyecto, el cual en el ejemplo del desarrollo

técnico para la fabricación del cosmético sería de nueve días después del TPT posible o ciento setenta días, este tiempo es llamado TRT. El tiempo remoto de iniciación es el tiempo en el cual una actividad puede iniciarse, si la fecha programada como objetivo quiere ser mantenida. Entonces el TRI para la actividad final X es: $TRT - \text{Tiempo de Actividad}$. Dado que la actividad final no requiere de tiempo para su cumplimiento $TRI = TRT$.

Dado que existen programas de computadora que pueden ser usados para calcular los datos de la cédula automáticamente, requieren como información las actividades, sus tiempos requeridos de realización y las relaciones de precedencia establecida por los números i y j de las flechas. Los resultados serán listados de una forma similar al de la Tabla II, y la cual muestra la programación estadística para todas las actividades y donde se han considerado nueve días de holgura en el tiempo total del proyecto (v. siguiente página).

NÚMERO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	0	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	
1	Inicio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Recibir información de los Departamentos Técnicos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	Investigación y selección de proveedores de materias primas	14	1	67	15	81	22	88	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
4	Desarrollo de la formulación	7	15	81	22	88	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
5	Pruebas de laboratorio	10	22	88	33	99	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
6	Pruebas de laboratorio	10	22	88	33	99	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
7	Aceptación de la formulación	1	32	98	1	94	1	94	1	94	1	94	1	94	1	94	1	94	1	94	1	94	1	94	1	94	1	94
8	Investigación y selección de los proveedores de material de empaque	7	1	10	8	17	9	17	9	17	9	17	9	17	9	17	9	17	9	17	9	17	9	17	9	17	9	17
9	Construcción de los roles rotores para el material de empaque	30	8	17	98	107	9	107	9	107	9	107	9	107	9	107	9	107	9	107	9	107	9	107	9	107	9	107
10	Requisitos y selección del equipo para proceso y acondicionamiento	7	7	38	8	45	37	45	37	45	37	45	37	45	37	45	37	45	37	45	37	45	37	45	37	45	37	45
11	Compra del equipo para proceso y acondicionamiento	30	6	45	98	133	37	133	37	133	37	133	37	133	37	133	37	133	37	133	37	133	37	133	37	133	37	133
12	Distribución en planta del equipo para proceso y acondicionamiento	3	8	112	11	123	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124	124
13	Prueba II	0	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115	11	115
14	Elaboración de textos para el material de empaque	5	1	94	6	99	66	99	66	99	66	99	66	99	66	99	66	99	66	99	66	99	66	99	66	99	66	99
15	Registro inicial de formulación y textos de material de empaque	30	33	99	63	129	66	129	66	129	66	129	66	129	66	129	66	129	66	129	66	129	66	129	66	129	66	129
16	Fabricación y aprobación de muestras en el material de empaque	4	98	107	102	111	9	111	9	111	9	111	9	111	9	111	9	111	9	111	9	111	9	111	9	111	9	111
17	Elaboración del arte y dibujos originales de impresión para el material de empaque	7	83	143	70	150	80	150	80	150	80	150	80	150	80	150	80	150	80	150	80	150	80	150	80	150	80	150
18	Instalación del equipo para proceso y acondicionamiento	15	98	135	113	130	37	130	37	130	37	130	37	130	37	130	37	130	37	130	37	130	37	130	37	130	37	130
19	Elaboración de las especificaciones del material de empaque	3	102	111	105	114	9	114	9	114	9	114	9	114	9	114	9	114	9	114	9	114	9	114	9	114	9	114
20	Elaboración de especificaciones de materias primas y métodos de prueba	7	33	122	40	129	84	129	84	129	84	129	84	129	84	129	84	129	84	129	84	129	84	129	84	129	84	129
21	Pruebas de arranque del equipo para proceso y acondicionamiento	7	113	150	120	137	37	137	37	137	37	137	37	137	37	137	37	137	37	137	37	137	37	137	37	137	37	137
22	Compra del material de empaque requerido	2	120	137	122	139	37	139	37	139	37	139	37	139	37	139	37	139	37	139	37	139	37	139	37	139	37	139
23	Compra de materias primas requeridas	45	105	114	150	169	9	169	9	169	9	169	9	169	9	169	9	169	9	169	9	169	9	169	9	169	9	169
24	Elaboración del primer lote de producción	30	63	139	93	159	66	159	66	159	66	159	66	159	66	159	66	159	66	159	66	159	66	159	66	159	66	159
25	Pruebas de control de calidad al producto terminado	2	150	159	152	161	9	161	9	161	9	161	9	161	9	161	9	161	9	161	9	161	9	161	9	161	9	161
26	Lanzamiento	7	152	161	159	168	9	168	9	168	9	168	9	168	9	168	9	168	9	168	9	168	9	168	9	168	9	168
27	Terminación	0	161	170	161	179	9	179	9	179	9	179	9	179	9	179	9	179	9	179	9	179	9	179	9	179	9	179

Se observa que todas las actividades críticas - marcadas con un asterisco (*) tienen una holgura de nueve días en su programación y todas las demás actividades tienen holgura más grande.

La holgura programada es simplemente la diferencia entre: $TRI - TPI$ ó $TRT - TPT$.

Actualmente existen once rutas diferentes de inicio a fin, a través del diagrama de flechas.

El camino más corto requiere de cuarenta y seis días y la secuencia es: A-B-I-K-Ficticia II-P-S-T-W-X-Y-Z y el camino más largo o limitante, requiere de ciento sesenta y un días por la secuencia crítica: A-B-G-H-Q-U-W-X-Y-Z. En problemas no muy complejos como el anterior, se pueden enumerar todos los caminos posibles para encontrar el camino más largo, pero no hay beneficios en hacer esto, ya que la ruta crítica es fácilmente determinada de la cédula estadística.

Cálculo Manual de la Cédula Estadística:

Este procedimiento es adecuado para proyectos pequeños. Para calcular el TPI y el TPT manualmente, a partir del diagrama de flechas, procederemos como sigue, refiriéndonos a la Fig. 15.

1. Coloque el valor del tiempo de inicio del -

proyecto en las posiciones TPI y TPT cerca de la flecha de arranque.

2. Considere cualquier actividad nueva sin marcar y que sus actividades anteriores ya es-tén marcadas en sus posiciones TPI y TPT, y marque en la posición TPI de la nueva acti-vidad el número más grande marcado de la po-si-ción TPT de cualquiera de las actividades inmediatas precedentes. Este número es el TPI de la nueva actividad. Para la activi-dad B en la Fig. 15, el TPI es cero dado - que es el TPT de la actividad precedente.
3. Adicione a este número el tiempo de activi-dad y marque el tiempo resultante TPT en su posición. Para la actividad B, $TPI + 1 = 1$
4. Continúe así para todas las actividades del diagrama hasta la actividad final. Como se mostró en la Tabla II, la ruta crítica son ciento seSENTA y un días, así que $TPI = - = TPT =$ ciento seSENTA y uno para la actividad final.

Para calcular los TRI y TRT, se retrocede a través del diagrama, empezando con la actividad final. Se ha establecido previamente, que el -

tiempo propuesto para finalizar el proyecto son nueve días después del TPT o sean ciento setenta días. Por lo tanto, TRT = ciento setenta para terminar las actividades, sin demorar el proyecto más allá de la fecha propuesta. Similarmente, el TRI para la actividad final es TRT menos el tiempo de actividad. Dado que la actividad final requiere cero unidades de tiempo, $TRI = TRT$. Para calcular los TRI y los TRT de cada actividad, se procede como sigue (v. Fig. 15):

1. Se marca el valor del TRI y del TRT en sus posiciones respectivas cerca del final de la actividad.
2. Se considera cualquier actividad nueva sin marcar, y que sus actividades subsiguientes hayan sido marcadas, se marca en la posición del TRT de la nueva actividad el TRI más pequeño de los marcados en las actividades subsiguientes. En otras palabras, el TRT para una actividad es igual al TRI próximo de las actividades subsiguientes de esa actividad.
3. Se resta de este número el tiempo de actividad y el número resultante es el TRI de la

actividad.

4. Continúe retrocediendo a través de todo el diagrama hasta efectuar todos los cálculos de los TRI y TRT. La Fig. 15 nos muestra el diagrama ya con toda la información de tiempos.

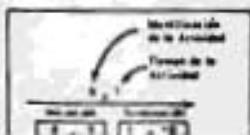
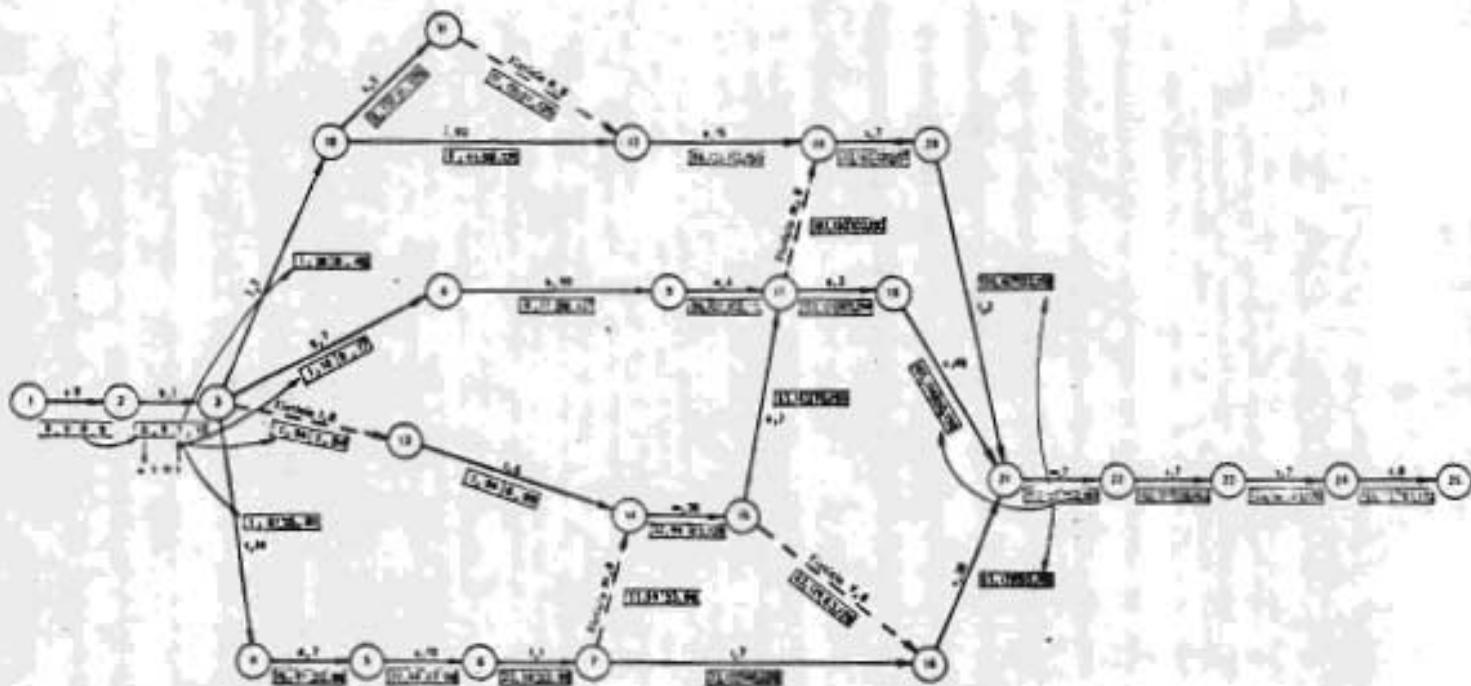


FIGURA 16

Diferencias entre los Diagramas de Flechas PERT/CPM (Critical Path Method):

En las ilustraciones anteriores, se ha utilizado el diagrama de flechas PERT; el procedimiento para CPM resulta un diagrama ligeramente más simple, ya que las actividades son representadas por los nodos, y las flechas señalan la secuencia requerida por el proyecto. La ventaja del CPM es que no se ayuda del uso de actividades ficticias para representar la secuencia de actividades. La Fig. 16 nos muestra el diagrama para el ejemplo del desarrollo técnico para la fabricación del cosmético realizado por CPM y el cual puede ser comparado con el realizado por PERT en la Fig. 13.

El análisis desarrollado para el cálculo de los tiempos remotos y próximos de iniciación y terminación y los tiempos de holgura, es el mismo al del procedimiento PERT mostrado antes. El criterio para seleccionar un método u otro, es únicamente el de los recursos con que se cuenta, ya que como se dijo antes, por lo regular existen programas de computadora para obtener los datos de interés y de acuerdo al programa con que se cuenta (PERT o CPM) será el diagrama que

se realice. En el caso de no contarse con un -
 equipo de computadora para el cálculo y que é-
 ste se tenga que hacer manual, no importa que -
 sistema se utilice.

Diagrama de actividades (DA) para el desarrollo técnico con la
 participación del Excmo. Líquido Ejecutivo en una Secretaría Pública.

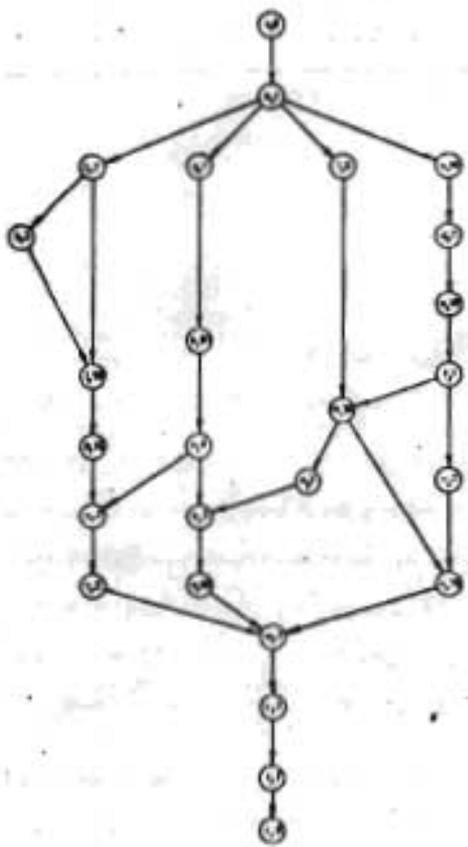


FIGURA 16.

Estos dos métodos se consideran que son del tipo determinístico ya que los tiempos de realización de las actividades son valores asumidos o esperados, y estos valores son media de los valores posibles dentro de un rango. Existe una modificación a esta suposición de tiempos; esta modificación es el método probabilístico que - asume lo opuesto al otro método de una manera - más realista, esto es, los tiempos de actividad son representados por una distribución de probabilidad; con ésto se puede desarrollar datos - adicionales de mucho valor y que aseguran la - terminación a tiempo de ciertas actividades críticas.

La distribución probabilística está basada en - tres estimados para cada actividad, y estos son:

Tiempo Optimista.- El tiempo optimista (a) es el tiempo más corto posible para completar la - actividad, si todo marcha sin problemas. Este tiempo está basado en la suposición de que no - hay más que una oportunidad en cien de completar la actividad en menos del tiempo optimista.

Tiempo Pesimista.- El tiempo pesimista (b), es el tiempo más largo para una actividad bajo condiciones adversas exceptuando fenómenos natura-

les que demoren la actividad.

Este tiempo está basado en la suposición de que no habría más de una oportunidad en cien de completar la actividad en un tiempo más grande que b.

Tiempo Más Probable.- El tiempo más probable - (m), es el tiempo modal de la distribución de - tiempos de actividad.

Estos tres tiempos son mostrados en la Fig. 17. Los cálculos por computadora reducen estos tres tiempos estimados a un solo valor promedio o esperado (t_e), el cual es usado en el procedimiento de cálculo. En este tiempo t_e se asume que es el valor medio de una distribución beta y los estimados de la media y la varianza de esta distribución, pueden ser calculados con las siguientes ecuaciones:

$$\bar{t}_e = \frac{1}{6} (a + 4m + b)$$

$$s^2 = \left[\frac{1}{6} (b - a) \right]^2$$

En la Fig. 17 se presenta un ejemplo de una distribución con una posibilidad. Este tipo de curvas pueden ser simétricas o sesgadas a un lado.

Con el modelo probabilístico se puede apreciar cuando una actividad no crítica pudiera llegar a ser crítica. Esto sucede, bien sea, por un tiempo de realización largo, de la actividad en cuestión o por tiempos de realización cortos de las actividades de la ruta crítica; en caso de existir una modificación en los tiempos, se modificará la cédula programada, para lo cual es necesario contar con un sistema de retroalimentación para reprogramar las actividades durante la realización y control de las fases del proyecto.

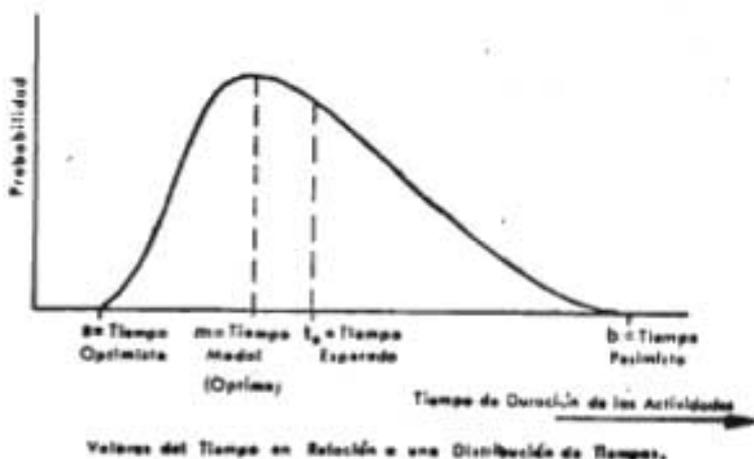


FIGURA 17

Hasta ahora se han planteado los métodos para programar el desarrollo del plan para un proyec

to dado, pero, ¿Es este un buen plan?, existe un punto muy importante en este tipo de diagramas y es la programación de los recursos, con el fin de tener cédulas flexibles con holguras en ciertas actividades y/o en el proyecto completo. Se pueden generar diagramas alternos, comparando la utilización de recursos, con el objeto de equilibrar la carga de trabajo.

Otra forma de ver el plan inicial es en términos de los costos de actividad. Se observa que las duraciones estimadas iniciales para las actividades están basadas en un nivel supuesto de distribución de recursos, pero, ¿Es posible modificar los tiempos de actividad asignando más o menos recursos?. Los tiempos de actividad para algunos pueden ser afectados directamente por esta forma. Por ejemplo, adicionando personal de Ingeniería de Empaques acortarán el tiempo de investigación y selección de los proveedores del material de empaque, ya que esta es una actividad crítica en el ejemplo del desarrollo técnico del cosmético. Esto valdría la pena, ya que se asignaría más gente a la actividad crítica y se disminuiría el personal en la actividad de selección del equipo necesario y la cual tiene treinta y siete días de holgura.

Nos preguntamos ¿Hacer este movimiento resulta ventajoso?, para poder contestar esta pregunta considerando el aspecto económico, existe una herramienta muy útil y la cual se conoce como Costo Mínimo. Este tipo de consideraciones no es factible en algunos casos aplicarse a todas las actividades críticas, ya que existen algunas actividades que por más recursos que se le asignen, su tiempo de realización no se modifica.

El concepto de Costos Mínimos está basado en una gráfica de Costo vs. Tiempo de Actividad como en la Fig. 18. Las diferentes actividades responden diferente a los cambios en la aplicación de los recursos. La Fig. 18-A se puede considerar típica de una actividad que modifica su tiempo de elaboración con la asignación de recursos, donde los tiempos de rompimiento (crash), el normal y el largo van disminuyendo progresivamente en costo.

Una curva similar a la Fig. 18-B donde el tiempo largo es más costoso que el tiempo normal, podría ser, donde la insuficiencia de recursos asociada a una programación larga nos incrementa el costo total.

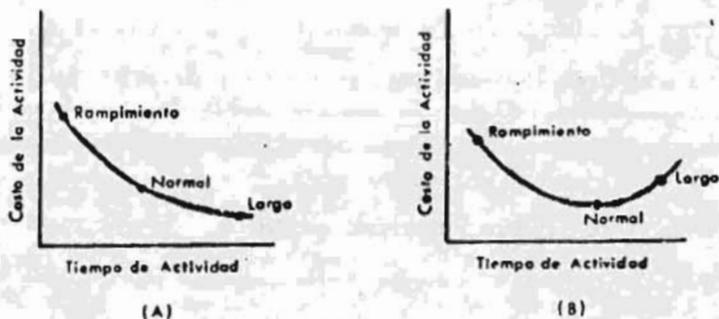


FIGURA 18

COMENTARIOS:

Dado que el método de la Ruta Crítica separa la planeación propiamente dicha de la programación, permite simular diferentes caminos y la presentación del proyecto completo en un bloque integrado y coherente, constituye un valioso auxiliar administrativo. Sin embargo, no es una panacea ya que no puede sustituir a otras técnicas administrativas específicas, ni a la mentalidad del coordinador del proyecto. El método de la Ruta Crítica permite la administración por excepciones, la determinación económica de las estrategias óptimas y muestra, en todo tiempo, el grado de avance en la realización del proyecto.

En la práctica el error que se comete más a menudo, es que la técnica se utiliza únicamente -

al principio del proyecto, es decir, al desarrollar el plan y su programación, y después se deja olvidado durante el resto de la vida del proyecto.

El verdadero valor de la técnica resulta más, cuando se aplica en forma dinámica. A medida que se presentan hechos o circunstancias imprevistos que afectan el desarrollo del proyecto, la Ruta Crítica proporciona el medio ideal para identificar y analizar la necesidad de replanificar o reprogramar el proyecto, reduciendo al mínimo el resultado adverso de dichas contingencias. Del mismo modo, cuando se presenta una oportunidad para mejorar la programación del proyecto, la técnica permite determinar fácilmente que actividades deben ser aceleradas para que se logre dicha mejoría.

Cabe aclarar que en esta tesis sólo se dieron los fundamentos de la técnica de Ruta Crítica y los elementos más importantes con que se cuenta, pero dado que nos encontramos en el desarrollo de las computadoras, cada vez se obtienen Rutas Críticas que aportan mayor cantidad de datos útiles a cerca del programa para los proyectos; en base a lo anterior, se considera que es una técnica que evoluciona día a día y tiene un campo ilimitado de aplicación.

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION

El análisis de los sistemas de producción es un aspecto de la Ingeniería Industrial, que se refiere a la planificación de trabajos más eficaces.

El objeto del análisis consiste en fijar y modificar perfeccionando las normas de ejecución, tales normas son indispensables en toda empresa, ya que el principal objetivo de ésta es lograr el mayor rendimiento posible de lo invertido en personal, equipo y material.

La inversión en personal depende de los sistemas de reclutamiento y adiestramiento empleados, por lo que se debe buscar la óptima utilización del personal, con el fin de recuperar como mínimo los gastos realizados.

La inversión en equipo representa un gran desembolso monetario, que sólo puede recuperarse por medio de su máximo aprovechamiento.

En el caso de la inversión en materiales, debemos procurar que esta sea adecuada y se obtenga un rendimiento óptimo, para lo cual se debe lograr el máximo aprovechamiento de los materiales.

Si se admite la necesidad de normas de cumplimiento o ejecución, entonces se plantea la cuestión sobre de que modo deben establecerse tales normas.

A continuación procederemos a efectuar este análisis de una forma un poco más amplia y tocando los puntos que a nuestro juicio son más sobresalientes de cada tema.

2.1 EL HOMBRE

Es una realidad que los hombres difieren unos de otros, tanto en características físicas como en aptitudes y - capacidades, pero la magnitud de estas diferencias y - su repercusión en el trabajo no son tan sencillas de - medir.

Lo anterior nos sugiere que lo más conveniente es contratar personas con gran habilidad en ciertas tareas - específicas. Esto casi es imposible, no obstante se - tiene la posibilidad de hacer una selección hasta cierto punto sistemática en base a la capacidad potencial de los hombres para realizar un trabajo o una tarea - que se le asigne.

Selección de Personal:

La selección de personal en una empresa debe realizarse de acuerdo con normas concretas. Estas, convienen que se elaboren después de un trabajo de investigación y no de meras hipótesis. La eficacia de una empresa - depende en parte de lo acertada que sea la selección - de su personal.

Se puede pensar que la responsabilidad fundamental de establecer las normas corresponde al Departamento de - Personal de la empresa, sin embargo el desarrollo de - esta función es diversa: Algunas empresas grandes con

tratan psicólogos profesionales para hacer la investigación en materia de selección; otras contratan los servicios de instituciones asesoras o puede suceder que dentro de su Departamento de Personal existan personas con los conocimientos y experiencias necesarios en el uso de pruebas de selección y se encarguen de hacer las investigaciones correspondientes.

Los Ingenieros, indirectamente deben ser responsables de las pruebas a que se someta el personal, ya que el sistema de selección empleado permite resaltar o detectar las cualidades que un trabajador tiene para ser eficaz en una tarea.

Si los trabajadores se seleccionan por medio de un método sistemático, presentan menos problemas en su rendimiento personal dentro del trabajo que se les asigne. En principio, la responsabilidad fundamental de los estudios de este tipo corresponde al Departamento de Personal, la práctica de ellos involucra a otros miembros del personal que labore en la empresa en los diferentes departamentos, afectándolos en sus tareas, esto se evita comunicándoles con anterioridad el programa de actividades a todos los departamentos involucrados como son: el Departamento de Control de Producción, Control de Calidad, Contabilidad, Costos, etc.

Lo más recomendable, es que las pruebas de selección se encomienden a personas formadas específicamente en

áreas como: psicología industrial, análisis de proceso, aplicación de pruebas, estadística, etc.

De acuerdo a lo anterior, el Ingeniero acostumbrado a trabajar con mediciones, sabe apreciar su valor y puede ser por lo tanto un importante impulsor para desarrollar un programa de selección. No importa si administra o no el programa personalmente; su ayuda puede ser, entre otras actividades, los análisis del trabajo, unificar criterios para medir el rendimiento, seleccionar pruebas, en análisis de resultados y determinar el punto crítico. Estas actividades se le confían por dos razones: su formación profesional y la habilidad para el conocimiento de un trabajo.

Los estudios e investigaciones de las pruebas y métodos de selección, se hacen con la cooperación de todo el personal.

Esta cooperación se logra bajo las tres consideraciones siguientes:

1. Que los objetivos y procedimientos se comprendan mediante la explicación de los objetivos a investigar y del sistema que se ha de emplear, condición que facilitará la comprensión por las distintas unidades de la empresa.
2. Que se comprenda el valor de la investigación. Una persona puede entender cual es el objetivo de la -

investigación, pero sólo coopera si se da cuenta - de las ventajas que supone para la empresa.

3. Que haya participación. Cuando mayor sea la actividad realizadora de aquellas personas cuya cooperación se desea, mayor es la posibilidad de conseguir ésta. La participación puede obtenerse en - las distintas fases del proyecto: planteamiento - inicial, distribución de las tareas selectivas, valoración de los empleados, etc.

Las pruebas de selección de personal difieren considerablemente unas de otras. Así tenemos:

- A) Pruebas sicotécnicas.- Las cuales nos sirven para identificar a los individuos con más probabilidad de éxito en el trabajo.
- B) Pruebas de aptitudes.- En donde la aptitud se define como la habilidad que tienen las personas para aprender cierta clase de materias o para adquirir determinada destreza. Las pruebas de aptitud miden la habilidad potencial de una persona para - distintos tipos de trabajo. Se aplican a aspirantes sin experiencia con el fin de descubrir cual - es su probabilidad de formarse satisfactoriamente en un trabajo.

- C) Pruebas de ejecución.- Son las que miden la destreza actual de un operario en algún proceso o trabajo en el que tiene experiencia, o sea, se aplica a operarios que hayan estado en el mismo trabajo o proceso con anterioridad.
- D) Pruebas de personalidad e intereses.- Se suponen que miden los factores de personalidad e intereses que pueden estar relacionados con la posibilidad de adaptación de un individuo al puesto de trabajo de que se trate.
- E) Pruebas de papel y lápiz y pruebas manipulativas.- Las primeras miden conocimientos concretos, aptitudes mentales o características de personalidad. - Las pruebas de aparatos suponen el manejo de determinados materiales y dispositivos. Por ejemplo: manejo de válvulas, tuercas, cerrojos, gráficas y herramientas de trabajo.
- F) Pruebas individuales y pruebas colectivas.- Existen pruebas que se administran individualmente. Normalmente son pruebas sicotécnicas de aparatos, aunque en algunos casos los test escritos tienen limitación. Las pruebas colectivas son aplicadas a varias personas a la vez. La mayor parte de las pruebas colectivas, son del tipo papel-lápiz, pero pueden ser también de aparatos.

El análisis de los resultados de las pruebas pueden facilitar la tarea, ayudando a determinar las normas de selección. Estas normas no deben ser consideradas como únicas para la admisión de empleados; sólo se deben utilizar como un medio.

La confiabilidad de las pruebas sicotécnicas, varía según los puestos de trabajo. Haciendo un análisis estadístico de los datos, nos indica aproximadamente la exactitud de los mismos como instrumentos de predicción.

El mejor programa de selección no resuelve todos los problemas de personal presentes en una empresa. Si se desea conseguir el máximo rendimiento del personal seleccionado, a éste debe agregarse una formación o entrenamiento acertado, mando eficaz, sistema de salarios satisfactorios, buenas condiciones de trabajo, etc.

Estas circunstancias tampoco vencerán completamente el lastre que significa la permanencia de personas que carecen de las habilidades y aptitudes necesarias para desempeñar satisfactoriamente el trabajo para el cual fueron contratados.

La selección sicotécnica puede ser notablemente rentable en términos de rendimiento global de la empresa, si se enlaza con los restantes aspectos de un programa de personal.

2.1.1 Motivación

Es muy importante para toda empresa, que su personal se encuentre motivado a incrementar la eficiencia de su trabajo, no necesariamente decir motivado, es percibir bienes o mejoras en el aspecto económico. El personal de una empresa que encuentra un sistema de prestaciones, el cual les permita elevar su nivel de vida socio-económico, trabajará cooperando con la empresa satisfactoriamente mejorando su productividad. Como se dijo anteriormente, motivar al personal no significa precisamente mejorar su salario, sino también mejorarle entre otros aspectos: las condiciones de trabajo, relaciones jefe-s subordinado, normas de seguridad, mantenimiento del equipo, relaciones y actividades de tipo social. Por ejemplo, en algunos casos el aspecto deportivo, permite estrechar las relaciones entre los empleados y la empresa. Este tipo de motivación es causa, entre otras, del aumento de la producción y efectividad de los métodos para incrementar la productividad.

Por lo dicho anteriormente, no debe entenderse que todo aumento de producción se deba a incentivos salariales. Por lo consiguiente, existen formas de lograr una mayor producción en la in-

industria.

En términos generales, se puede obtener mayor producción en la industria por:

1. Simplificación y normalización de los productos:
 - a) Menos clases de productos.
 - b) Proyectos o diseño del producto que requiera menos operaciones y más sencillas.
2. Uso más eficaz de los materiales, suministros y servicios.
3. Mejora de métodos o simplificación del trabajo:
 - a) Mejores máquinas, herramientas, plantillas, dispositivos, troqueles, etc.
 - b) Mejor equipo para el manejo de los materiales.
 - c) Estudio de movimientos y micromovimientos.
 - d) Mejor distribución de fábrica, de equipo y maquinaria.
 - e) Mejor planeación y programación para reducir interferencias en la fabricación.

4. Mejora de la experiencia de los trabajado--
res. Mejor formación profesional.
5. Mayor esfuerzo y voluntad de trabajo de los
obreros :
 - a) Aumento de la energía aplicada por el -
obrero en su trabajo.
 - b) Aplicación de los obreros al trabajo dur
rante períodos más largos.
 - c) Mejor planeación del trabajo de cada -
operario.
 - d) Mejora de la cooperación entre emplea--
dos y empresa.
 - e) Aplicar las ideas a los obreros, por med
dio de sistemas de sugerencias y otros
medios ordenados y sistemáticos.

2.1.2 Entrenamiento

Aunque todos los planes de entrenamiento de operarios obedezcan a idénticos principios fundamentales, es evidente que revestirán diversos matices de acuerdo con las exigencias propias de las diferentes industrias. Con el fin de agrupar ordenadamente dichas exigencias, los programas de adiestramiento deben ser concebidos de tal forma que puedan acomodarse a las necesidades propias de las industrias, así como presentar la justificación económica del entrenamiento de operarios.

Cualquier desembolso realizado por una empresa debe ser evaluado de acuerdo con la utilidad económica o rentabilidad que de él se derive.

Para la empresa la mayoría de las veces, sin embargo, los gastos que se hacen con fines de entrenamiento no pueden ser sometidos a un análisis valorativo.

Necesidad de Entrenar al Personal.-

La necesidad de entrenar al personal suele traer consigo exigencias de la industria, cuando con aumento de demanda de la producción se hace precisa una ampliación de las energías labora-

les. Fuertes demandas de mano de obra incrementan las necesidades normales de entrenamiento, propiciando desplazamiento del personal de una empresa a otra. Cuando hace falta disponer rápidamente de un gran número de obreros, la mejor labor que puede hacerse en este momento es la de formar un potencial de trabajo calificado, sobre todo cuando una industria ha tenido que disputar a otra el contrato de un cierto número de obreros.

Aún cuando la demanda de mano de obra no sea urgente, el entrenamiento es esencial, en el caso de abatir costos primordialmente. En tal caso, la revisión de los estándares de trabajo nos señalará el lugar donde hay que poner en práctica el programa de entrenamiento, con objeto de reducir costos. En épocas de recesión de los negocios, el entrenamiento puede indicar la diferencia entre una empresa que se mantiene en el mercado y otra que se va a pique.

Programa de adiestramiento de personal.-

Previamente al establecimiento de un programa de adiestramiento, deben recopilarse las anotaciones o registros adecuados de la producción. Cualquiera que sea el tipo de planeación que se

adapte nos ayudará a ubicar donde estamos y a donde pretendemos ir. Los datos recopilados nos indican la eficiencia de los trabajadores de la fábrica, indicándonos en donde se encuentra el punto débil que hay que atacar con urgencia y necesidad.

Un departamento de instrucción o de adiestramiento es fundamentalmente una organización de servicio que ayuda a la compañía a cumplir sus obligaciones proporcionándole una fuente de operarios calificados. Enseña a los empleados lo que necesitan saber para efectuar y entender su trabajo, que se necesita para ascender y lleva un registro del progreso de cada empleado, tomándolo como base para posibles ascensos. La idea de esperar que otras dependencias realicen la labor de adiestrar, para que la compañía que la siga los escoja sin la responsabilidad, ni el costo de adiestrarlos, no es conveniente ya que es muy importante que el nuevo empleado se adapte dentro de la compañía.

El adiestramiento industrial se basa en una necesidad real y en un procedimiento para comunicar y desarrollar conocimientos, aptitudes, habilidades y hábitos necesarios para realizar un trabajo determinado.

La selección, la implantación y poner en práctica un programa de adiestramiento se basa en los siguientes factores:

1. **Objetivos.-**

- a) Que el operario comprenda la finalidad del trabajo emprendido.
- b) Definirle las especificaciones de calidad del producto, para evitar productos de deshecho o de baja calidad.
- c) Debe saber el número de piezas por hora que se calcula debe de producir, en las diversas etapas del período de instrucción.
- d) Se le ha de especificar que debe seguir el método establecido para evitar exceso de energía que incrementan costos, - el separarse del método trazado significa problemas para la producción.
- e) El adiestramiento debe concebirse de una forma ilustrativa para el operario.
- f) El programa de adiestramiento debe ser para el trabajador una agradable experiencia, con el fin de que él se sienta agusto en todas partes.

2. **Personas a las que hay que adiestrar.-**

El personal que hay que adiestrar hoy día - abarca prácticamente todas las categorías - de trabajadores, incluyendo hombres y mujeres con experiencia en muchos trabajos, tienen que aprender los distintos métodos de - operación introducidos por los nuevos procedimientos técnicos.

3. **Tipos de Adiestramiento.-**

Los tipos de adiestramiento necesarios varían según la edad, la experiencia, las aptitudes y los trabajos de los adiestrados. Los tipos de adiestramiento pueden clasificarse en: (v. siguiente página)

CATEGORIA DE EMPLEADO

TIPOS DE ADIESTRAMIENTO

Empleados jóvenes e inexpertos

- Vocacional.
- Ampliación del oficio.
- Cooperativa.
- Aprendizaje.

Empleados nuevos cualquiera que sea su edad y su experiencia a los que hay que enseñar tareas.

- Preparatoria para el empleo Pre-industrial.
- Escuela vestíbulo o de ingreso en la fábrica.
- Orientación.
- Aprendizaje enseñado por un operario.
- Adiestramiento en la tarea por un instructor o entrenador experimentado.
- Adiestramiento de operarios.

Empleados con alguna experiencia y quizás con instrucción básica.

- Para refrescar conocimientos.
- Para ascender.

Ingenieros y otros Técnicos calificados.

- Ingeniería y Técnica
- Ingeniería Graduada

Inspectores y Supervisores

- Adiestramiento dentro de la industria
- Adiestramiento para el instructor de tareas.
- Adiestramiento para métodos de trabajo.
- Adiestramiento para las relaciones industriales, para superiores, para inspectores y para jefes.

Ejecutivos

- Dirección.
- Organización.

4. Organismos a través de los cuales puede hacerse el adiestramiento.-

Los organismos a través de los cuales se imparten diversos tipos de adiestramiento o enseñanza profesional, o de los cuales puede obtenerse ayuda para organizarla y conducirla son:

a) Escuelas locales de enseñanza:

- i) Escuelas secundarias.
- ii) Escuelas técnicas.
- iii) Escuelas vocacionales.

b) Colegios y Universidades:

- i) Cursos diurnos y nocturnos.-

Los cursos completos que confieren grados son posibles en casi todos los colegios y centros Universitarios.

- ii) Cursos dados por las secciones de ampliación universitaria en las universidades y en los centros industriales de diferentes estados.
- iii) Cursos especiales en las fábricas.

c) Institutos Técnicos.

d) Organismos Federales.

- e) Organismos Particulares.
- f) Oficinas de servicios industriales u organismos centrales de adiestramiento en industrias particulares.
- g) Institutos o escuelas de las diferentes compañías (Goodyear, Ford, General Motors, Chrysler, Selmec, etc.).

5. Métodos de Instrucción.-

Existen en la actualidad a disposición de la industria, un buen número de métodos para adiestrar a los nuevos operarios. Se puede agrupar en dos categorías: Adiestramiento Metódico y Adiestramiento No Metódico.

Adiestramiento Metódico: Es el adiestramiento que más se utiliza cuando hay una demanda de trabajadores inexpertos. Para seguir este plan, se inicia por determinar un espacio o lugar de adiestramiento; en este lugar se reciben las primeras lecciones de aprendizaje, antes de entrar al lugar donde se desempeñará efectivamente el trabajo.

La instrucción operativa en este sistema corre a cargo de personal especializado. Algunas empresas se sirven de maquetas o mode

los referentes al oficio generalmente de ta
maño natural. La instrucción se practica -
simultáneamente con todo un grupo de gente
nueva con la ayuda de la maqueta o del mode
lo, otras empresas completan el sistema de
instrucción con ilustraciones o imágenes de
movimientos, películas, etc.

Este tipo de adiestramiento plantea algunos
problemas, cuando se aleccionan diversos -
trabajos en una misma fábrica, es difícil -
que los instructores reúnan los conocimien-
tos precisos de cada uno de los métodos es-
pecíficos, conforme a los cuales se desempe
ña cada uno de los trabajos. Para ayudar -
en este problema, es útil contar con un ele
mento auxiliar que puede ser un operario ca
lificado para asistir a los instructores en
sus lecciones.

Esto representa una ventaja ya que el opera
rio diestro con su habilidad, hace que el -
nuevo operario se introduzca más rápidamen-
te en su trabajo causándole con esto una ex
celente impresión.

Otros elementos que nos pueden auxiliar en
el adiestramiento, son las imágenes ilustra
tivas del movimiento para realizar el traba

jo. Si la empresa cuenta con la facilidad de emplear métodos para la medida de tiempo, basados en tiempos estándares de movimientos prefijados, la explicación del adiestramiento se aclara y se simplifica enormemente.

Adiestramiento No Metódico: En la industria pesada prevalece todavía una costumbre práctica que consiste en que el obrero se inicie desempeñando los oficios menos calificados, ganando ascensos con su propio esfuerzo. Su progreso en la empresa depende de la tenacidad que ponga para cumplir con su trabajo. El conocimiento del nuevo oficio lo adquiere la mayoría de las veces, basado en la sagacidad que pone en observar el modo de trabajar del que lo desempeña y de la voluntad y habilidad de éste, para su perar la destreza en su oficio.

Este tipo de adiestramiento tiene sus inconvenientes, ya que en la práctica da resultados relativamente aceptables.

6. Control del Programa de Adiestramiento.-

Toda la educación e instrucción impartida -

en una compañía debe considerarse como adiestramiento, no importa si se realiza durante el trabajo o fuera de el, ya sea en conferencias de una hora o en un curso de dos o más años.

El departamento de adiestramiento debe estar bajo la dirección de un alto funcionario de la compañía, ya que sus funciones afectan a todos los departamentos que la integran. El director del adiestramiento tiene que realizar estudios para determinar la necesidad de instrucción en los diferentes departamentos, tiene que establecer los estándares de la compañía, aprobar el ingreso a las clases de adiestramiento, fijar la duración de los cursos y elegir a los instructores.

El director deberá fijar la materia que abarcará cada curso, en común acuerdo con los departamentos y partes interesadas. En ocasiones desarrolla y aprueba manuales de instrucción, también se encarga de obtener los dispositivos más eficaces para la educación, tales como sistemas visuales, gráficas y libros de datos. Debe contar con una biblioteca para usarse como centro de infor

mación para todas las investigaciones dentro y fuera de la compañía, relacionadas con los programas de enseñanza industrial.

7. Instructores y su Adiestramiento.-

Los objetivos del programa de adiestramiento de inspectores y supervisores, son enseñarles los principios fundamentales de la inspección, de la dirección de trabajos y de relaciones humanas e industriales, proporcionándoles los conocimientos necesarios para que comprendan las normas, planes, métodos y los problemas de la dirección.

El adiestramiento de este tipo puede dividirse en las siguientes clases generales:

Cursos para supervisores.

Cursos para inspectores.

Cursos para ejecutivos.

Los cursos para supervisores, comprenden la enseñanza de los elementos de una vigilancia adecuada de los trabajos, la pericia fundamental de instrucción y de relaciones humanas.

Los cursos para inspectores se limitan a temas generales que afectan una fase particu-

lar del trabajo industrial, por ejemplo, - la dirección de personal y las relaciones industriales.

Los cursos para ejecutivos, se ocupan de - problemas más amplios, principalmente de la dirección industrial y de la ingeniería, entre otros como control de calidad, calificación por mérito, relaciones industriales, - psicología industrial, contratos colectivos, normas de acción para el progreso y factores de la dirección. Esta instrucción puede llevarse a cabo por medio de conferencias y discusión en grupo.

8. Costos en Función del Rendimiento.-

Para justificar un curso de adiestramiento, éste debe de estudiarse ya que a veces puede obtenerse la instrucción sin ningún costo directo, sin embargo, siempre hay algunos gastos generales que considerar. Si el curso se da durante horas normales de trabajo en una compañía, debe cargarse el tiempo de los empleados a una cuenta de adiestramiento. Es probable que se cargue sólo el tiempo que el alumno pase en las clases o tal vez se cargue todo el tiempo hasta iniciar

labores.

Casi todo el adiestramiento pre-industrial y de preparación para el empleo puede obtenerse por medio de instituciones como escuelas técnicas.

El adiestramiento para inspectores y supervisores puede obtenerse a través de escuelas técnicas de capacitación industrial.

La compañía puede ahorrarse miles de pesos si el director de adiestramiento es activo y estudia minuciosamente los beneficios de los servicios disponibles a través de diversas instituciones.

Un factor negativo en un programa de adiestramiento es el exceso de entrenamiento, ya que es perjudicial porque representa un desperdicio de tiempo, disminuye la moral y crea descontento. Por ejemplo, sería anti-económico alentar a veinte personas a que siguieran un curso de diseño de equipo y herramientas, si las necesidades presentes y futuras de la compañía indican que se necesitarán como máximo diez operarios de esta clase.

LIMITACIONES GENERALES DE UN PROGRAMA DE
ADIESTRAMIENTO.

A. Limitaciones Físicas.-

Es necesario disponer de espacio en algún -
lugar fácilmente accesible para la enseñan-
za. Al elegir local para el adiestramiento
hay que considerar muchas posibilidades.
El adiestramiento puede llevarse a cabo:

1. En la industria por instructores de la
empresa.
2. Escuelas e Instituciones en medios aje-
nos.
3. En locales de la empresa, pero por orga-
nismos ajenos a la misma.

B. Limitaciones Sicológicas.-

Casi todos los cursos de adiestramiento o -
enseñanza profesional presentan el problema
de una mezcla de capacidades intelectuales.
No hay tiempo para nivelar el personal.
El instructor no debe de olvidar nunca este
hecho al preparar y presentar su programa.
El curso de estudios debe ser concreto y el
instructor tiene que estar seguro de que to-
dos los aspirantes abarcan y comprenden to-

do el programa necesario para el trabajo. El progreso del grupo en su conjunto es su primera meta en la enseñanza, más bien a - que destaquen unos cuantos operarios.

INCORPORACION AL TRABAJO

Las primeras impresiones que se tienen cuando - el empleado es contratado revisten gran impor-- tancia, ya que son las más duraderas. El pri-- mer paso de la función de adiestramiento para - con un nuevo empleado debe consistir en una rá-- pida incorporación del mismo a la empresa. En algunos casos dependiendo de la importancia de la empresa se puede contar con personal que se encargue de la pronta incorporación del nuevo - trabajador a la empresa.

La actitud previa que el empleado observe fren-- te a la empresa, será un factor importante que redundará en el progreso que consiga en el per-- feccionamiento de su cometido de trabajo.

Para que el nuevo empleado se sienta bien, es - conveniente proceder del modo siguiente:

1. Darle a conocer una breve historia de la emu

presa y de los productos que fabrica. Podría ser mediante la proyección de una película, e informarle más ampliamente por medio de folletos.

2. El nuevo empleado debe ser presentado personalmente a su superior y algunos otros componentes del comité directivo, con los cuales ha de mantener contacto normalmente.
3. Enumerarle brevemente las remuneraciones, pensiones y otros emolumentos de este tipo que obtendrá al formar parte de la empresa. Se le señalarán sus obligaciones contraídas con la empresa, como hora de entrada y salida, seriedad, discreción, etc.
4. Se le exponen las medidas de seguridad en el trabajo que se han adoptado, indicando el interés de la empresa por extremarlas, con objeto de salvaguardar la seguridad del personal.
5. Es muy importante, familiarizarlo con los servicios de cafetería y comedor de la empresa, períodos de descanso, lugares donde se puede fumar, cuartos de aseo, etc.
6. Mostrarle como se coordina su trabajo dentro del ámbito general de la empresa.

7. Describírole el uso del producto, para cuya fabricación a de trabajar.
8. Podría serle útil enseñarle los pasos que han guiado a la empresa para establecer su organigrama directivo.

COMENTARIOS:

Hasta ahora hemos descrito como se estructura un programa de adiestramiento, pero nos preguntamos: ¿Cómo descubrimos cuando es necesario un programa de adiestramiento? para responder a esta pregunta debemos recurrir a ciertos indicios que nos pueden señalar esta necesidad, entre los cuales tenemos principalmente:

- a) El fracaso al no cumplir los programas de producción.
- b) Registro de seguridad ineficiente.
- c) Proporción elevada de trabajos inoperantes.
- d) Falta de cooperación o baja moral.
- e) Costos elevados.
- f) Renovación demasiado frecuente de la mano de obra.
- g) Escases de aspirantes calificados para lle-

cuando se realiza algún cambio en el proceso, para lo cual el supervisor debe tener tacto, tratarlos y conocer cuales son los motivos que podrían afectar a un obrero determinado y evitar caer en ellos.

Cuando el carácter del supervisor no es el adecuado para solventar los problemas típicos de un Departamento de Producción, los obreros tratan de establecer contacto con el jefe del Departamento para solucionar sus diferencias, los cuales son percibidos en otra forma, ya que el jefe del departamento no está en contacto directo con los obreros, y éste con sus conocimientos y experiencias puede dar la solución de los conflictos entre los obreros a través del supervisor de Producción, si la solución es atinada se obtendrá la cooperación de los obreros y el ambiente de trabajo se tornará agradable, tomando como principio las relaciones humanas el éxito del Departamento está asegurado.

TIPO DE RELACIONES ENTRE LOS DEPARTAMENTOS DE UNA EMPRESA

La naturaleza de las relaciones que existen entre departamentos es muy importante para evitar la creación de fricciones entre empleados y el -

tipo de problemas que pueden surgir. Existen -
cuatro tipos de relaciones que parecen caracteri-
zar a todas las organizaciones, estos son:

a) /Relaciones entre organizaciones que forman -
la línea de producción:

El principal origen de fricción y conflicto
entre los miembros de las organizaciones en
la línea principal, gira alrededor de la -
cuestión de quien o cual de ellas está ejecu-
tando el trabajo más importante.

Estos conflictos tienen mayor frecuencia en-
tre los Departamentos de Servicio y Produc-
ción, la fricción, no se debe tanto a la -
cuestión de cual de las actividades es más -
importante, sino a la de quien sabe más so-
bre la producción.

Los conocimientos del Ingeniero de Servicio
son por lo regular sin tanto detalle de un -
área particular, mientras que el jefe de pro-
ducción posee conocimientos derivados de su
propia experiencia en la fábrica. Y algunas
veces tiene el respaldo de estudios profesio-
nales. Es evidente que existe una possibili-
dad de conflicto entre ellos que solamente -
se puede prevenir con un tacto cuidadoso.

En ocasiones el Director de la empresa termi

na con los conflictos dándoles la orientación debida. La razón común de este tipo de conflictos en las organizaciones rivales de la línea se plantea por las cuestiones siguientes: ¿Quién está haciendo el trabajo más importante? y ¿Quién sabe más acerca del trabajo que se está haciendo?

b) Relaciones entre empleados de la línea:

El aspecto esencial de una línea de producción es la circulación del trabajo. Una persona ejecuta una operación y pasa el producto a otra. Las actividades de los trabajadores están por lo general lógicamente encadenadas, por lo menos en términos de la obra a realizar. Las operaciones individuales constituyen una serie de etapas interconectadas que conducen a un producto final.

En organizaciones donde los procesos sean relativamente simples, los obreros pueden ver el aporte de su esfuerzo para la obtención de un producto final, es decir, sabe que ha de recibir trabajo en obra no terminada de su compañero de labor, y ha de ejecutar en él ciertas operaciones y pasarlo a otra persona próxima; así como también, que debe de

trabajar al mismo ritmo de los otros, por lo tanto ve la importancia y la significación del trabajo en equipo, de tal forma que la labor tiene por lo menos algún sentido para el obrero.

En este tipo de organizaciones sencillas, se puede trabajar en cooperación en las tareas. Los problemas son considerablemente pocos, ya que la división de tareas a lo largo de la línea de producción es racional y sensible.

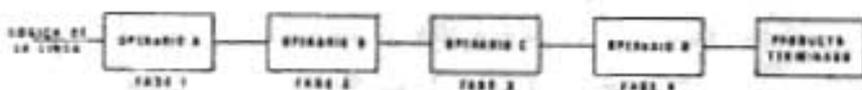
Sin embargo existen organizaciones que en sus líneas de producción son un laberinto de complicaciones, esto se debe a que su línea es tan larga y sus etapas tan insignificantes que el obrero pierde de vista su importancia en el esfuerzo total; su tarea la comparte con tantos otros que su trabajo parece verdaderamente pequeño, por lo tanto la directriz de la línea de producción y la necesidad de cooperación dejan de importarle; al suceder esto, se empieza a eliminar por completo la dirección de la línea y hacer que el trabajador labore aislado, realizando actividades completamente insignificantes.

Por medio de los siguientes diagramas se pue

de describir mejor lo anterior.

DIAGRAMA I

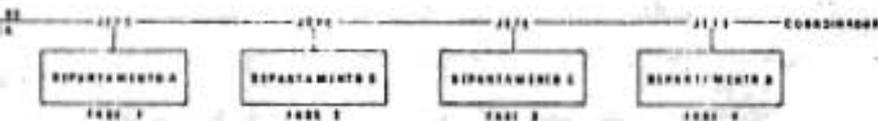
Línea simple de organización, donde cada fase del proceso es realizada por un obrero.



Representa una simple línea recta de producción.

DIAGRAMA II

Línea de organización más compleja, donde cada fase del proceso es ejecutado por un Departamento entero.



En este diagrama se puede observar que el problema de coordinación aumenta considera--

percibir que la tarea que ejecutan forma parte de un gran esfuerzo cooperativo. En estos casos la Gerencia se enfrenta con la perspectiva de procurar crear espíritu de equipo entre los empleados, introduciendo en ello la obvia y aparente necesidad de cooperación y coordinación de esfuerzos.

Concluyendo, la línea simple de actividad, llena de significación y de sentido, aunando los esfuerzos de cierto número de obreros en la producción de un artículo importante es la esencia misma en la cooperación.

RELACIONES ENTRE EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION Y LOS DEPARTAMENTOS DE SERVICIO

En toda industria, cualquiera que sea su volumen se crean varios departamentos auxiliares como una ayuda a la línea de producción, asesorándola en resolver sus problemas. Los departamentos de Ingeniería, Control de Calidad, etc., cuentan con empleados capacitados para asesorar en la fabricación de un artículo al Departamento de Producción, no obstante esta valiosa ayuda, no tienen la responsabilidad de llevar a cabo la ejecución del trabajo, lo que motiva algunas veces

fricciones entre los diferentes departamentos; -
pór ejemplo, un inspector de Control de Calidad
en sus muestreos puede detectar que el producto
está fuera de lo especificado y hace ver la defi
ciencia al supervisor, para alcanzar la calidad
necesaria del producto.

El técnico en problemas de personal siempre está
pendiente de evitar malos tratos al personal -
obrero por parte de los supervisores, ya que es
tos pueden mostrarse indiferentes respecto a los
trabajadores en relación a salarios, promociones
y ascensos. Así, pues, cada uno dirige su aten
ción tan solo a un aspecto limitado de las acti
vidades en producción y busca modificaciones y -
mejoras, porque tales cambios justifican su exis
tencia.

El supervisor de producción debe tratar el traba
jo como un todo, ya que ha de conseguir que sea
eficaz, ha de luchar con dificultades técnicas,
ha de hacer cumplir reglas de seguridad y debe -
de tener en cuenta muchos factores, situación -
que da lugar a que con frecuencia se resista a -
las sugerencias de los miembros de la plantilla
técnica, y a que no coopere cambiando su conduc
ta, cada vez que uno de los especialistas se -
aproxima.

SISTEMA DE COMUNICACION

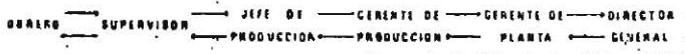
Cualquier actividad de grupo exige necesariamente cierta comunicación entre la gente. Hasta cierto punto, podemos considerar que la comunicación es el elemento que hace posible cualquier forma de organización. Sin ella no existiría la menor comprensión, ni coordinación de esfuerzos, ni dirección, ni control. En este sentido, la comunicación supone algo más que un simple documento o una orden verbal; representa un sistema a través del cual se transmite toda clase de información, en la organización. Este sistema está constituido en parte por las órdenes formales, escritas o verbales; por los registros e informes procedentes de distintas fuentes; por conversaciones y murmuraciones; por reclamaciones y respuestas de un sector a otro de la organización.

La comunicación dentro de una empresa debe llevarse a cabo, a lo largo de la línea de la organización, hasta llegar al individuo requerido del departamento o de la división, para luego volver atrás por la misma línea.

La comunicación escrita es el procedimiento formal regular y correcto, ya que se puede conser-

var para futuras referencias.

La comunicación verbal es la forma de informar - más rápido cuando no se requiere de que quede - asentada; por ejemplo, en un Departamento de Pro-
ducción de una planta, el flujo de la comunica-
ción sería el siguiente:



La comunicación escrita tiene una permanencia de la que carecen las comunicaciones verbales, por lo que, cuando cada nivel está informado, puede controlar lo que ha transmitido al próximo, sin temor a malos entendidos.

La comunicación entre departamentos tiene ciertas características y ciertas dificultades; como por ejemplo en una gran organización, la comunicación es frecuentemente tan lenta, que retarda seriamente la solución de algún problema.

2.1.4 Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.

El medio ambiente de trabajo incluye factores como temperatura, humedad, ruido e iluminación, - puede producir marcados efectos sobre la productividad, los errores, niveles de calidad y aceptación del trabajo; por lo tanto, no podemos medir la eficiencia de una tarea sin un conocimiento del medio ambiente de trabajo en la cual será realizada.

Temperatura, Humedad y Circulación de Aire.-

Se conoce que nuestra sensación de confortabilidad no está **determinada** solamente por la temperatura del medio, ya **que si** existiera una brisa ligera sentiríamos **frío**, aún cuando la temperatura no cambiara. En un día sofocante pensamos que - no es el calor el que lo ocasiona, sino la humedad, y la **realidad** es que la sensación de calor es afectada **por cada** uno de estos factores, los cuales han sido combinados en una sola escala psicológica llamada: "Temperatura Efectiva". La - temperatura efectiva es la temperatura de confort con aire saturado (100% humedad), o la cual provoca la misma sensación de calor o frío a diferentes combinaciones de temperatura, humedad y

y movimiento del aire. El laboratorio de la Sociedad Americana de Ingenieros del Calentamiento, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) realizó experimentos para obtener la escala de la temperatura efectiva; en esta escala el único factor que no se considera es la temperatura de los objetos del área considerada y los cuales pueden radiar directamente a los trabajadores, como es el caso de los hornos.

El cuerpo humano tiene un mecanismo automático de regulación del calor que permite compensaciones por el medio ambiente, sobre un rango de temperaturas efectivas, esta compensación depende del nivel de actividad, entonces, en un nivel de actividad alto puede producir confort al cuerpo una temperatura efectiva más baja.

Efectos de la Temperatura y la Humedad en el Trabajo.-

Las condiciones atmosféricas pueden tener efectos importantes en la realización de tareas tanto mentales, como físicas. La figura 19 muestra en forma resumida los efectos a diferentes niveles de la temperatura efectiva realizado con personas que recibían mensajes en clave morse y con personas que levantaban objetos más o menos pesa

dos. Para el primer caso (Fig. 19-A), el promedio del número de errores se incrementa de una manera muy pronunciada cuando la temperatura va más allá de 90°F (32°C). Para el segundo caso o sea el trabajo pesado, la realización total del trabajo en pies-libra (FT-LB) empieza a caer rápidamente sobre 80°F (27°C) de temperatura efectiva.

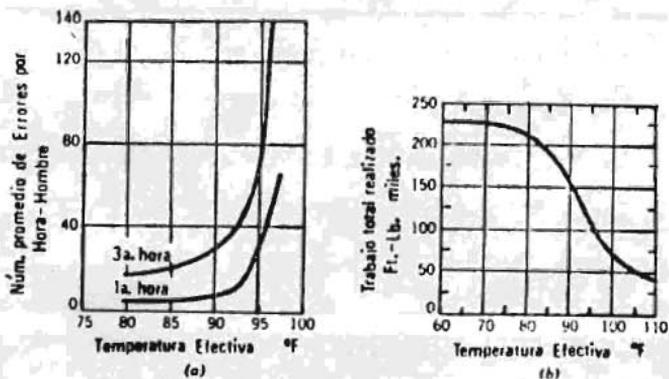


Figura No. 19

Control del Calor de la Atmósfera.-

Se han realizado investigaciones sobre la ropa que deben utilizar los trabajadores que deben operar en atmósferas muy calientes, como es el caso de las personas que trabajan cerca de hor--

nos industriales, y los resultados que se han en-
contrado son que la ropa comunmente utilizada pa-
ra protección aumenta el esfuerzo térmico, aun--
que un traje ventilado a través del cual se man-
tiene un flujo continuo de aire, redujo conside-
rablemente el esfuerzo térmico.

El control para los trabajadores que operan cer-
ca de áreas calientes - como es el caso de hor--
nos, donde la radiación es el principal proble--
ma - puede ser ejecutado con protecciones que -
aislen el origen del calor. El control térmico
generalmente es efectuado a través de aire acondi-
cionado, pero no es una práctica generalizada.

Ruido.-

Al sonido indeseable generalmente se le llama -
ruido. Actualmente, está creciendo la evidencia
de que puede producir efectos dañinos, especial-
mente cuando las personas están expuestas a él -
durante períodos más o menos largos.

El sonido de todo tipo (incluyendo el ruido), -
consiste en variaciones de la presión atmosféri-
ca y son propagadas en forma de ondas; estas va-
riaciones en presión son llamadas "Presión de So-
nido". El sonido se mide en decibeles (dB), pe-
ro esta medida no es una medida de la presión -

del sonido; más bien se refiere a la relación en entre la presión de sonido del origen que está - siendo medido y alguna presión de sonido tomada como referencia.

Otro punto importante en la medida del ruido, es que se debe tener conocimiento de la distribu- - ción de la energía del sonido sobre el rango de tonos o frecuencias, para saber cuales serán los efectos sobre el hombre.

Control del Ruido.-

El control del ruido puede ser llevado a cabo - por varias formas, dependiendo de su origen. Al - gunas veces es controlado en la fuente que lo - produce o por el rediseño de las partes ruidosas o algunas veces se aísla la fuente del ruido por medio de la construcción de barreras, con lo que el ruido que pasa esta barrera es reducido; en - este último método es necesario tener ciertos co - nocimientos de transmisión del sonido, ya que el diseño de la barrera podría disminuir ligeramen- te el nivel de ruido o no modificarlo o aún po- - dría amplificarlo.

Otras formas de control del ruido podrían ser - con el uso de mamparas (baffles), absorbedores - de sonido y material acústico en las paredes. Los

absorvedores de sonido pueden ser instalados cerca o junto a la fuente de sonido, para ayudar a reducir el nivel de sonido. El material acústico en las paredes puede ser usado para reducir el nivel de ruido dentro de un cuarto, ya que disminuye la reverberación; estos materiales no tienen efectos sobre las ondas de sonido originales provenientes de la fuente, ya que la fuente continúa produciendo el ruido.

En condiciones severas de ruido lo más efectivo es el uso de audífonos. La máxima disminución posible utilizando los audífonos está limitada a un nivel de aproximadamente 50 dB ya que el conducto auditivo actúa como medio transmisor a través de los huesos.

Iluminación.-

El aspecto de la iluminación es una parte importante del medio ambiente para la realización del trabajo; solo que a este respecto no se cuenta con estándares definidos de los niveles de iluminación, por lo que se tienen criterios muy variados, ya que incluyen aspectos como la agudeza visual, relación de pestañeos, rango de preferencia y niveles de iluminación crítica. El nivel crítico de iluminación para una tarea es aquel -

en donde por más que se eleve el nivel de iluminación, no hay aumento en la productividad.

Con lo que un incremento en la intensidad de la luz más allá de este nivel crítico se considera sin valor.

Un aspecto muy importante en la iluminación son los deslumbramientos que puede sufrir el trabajador. Los deslumbramientos pueden reducir la efectividad de la iluminación; este fenómeno es producido por algún punto brillante en el campo visual, como es en el caso de una luz muy brillante o una luz reflejada en una superficie pulida; el efecto que produce es de molestia y además la reducción de la efectividad visual. En la Fig. 20* se resume esta reducción en la efectividad visual, así como el efecto físico en la persona. Esta figura está basada en resultados experimentales, mostrando que los efectos del deslumbramiento se agudizan cuando la fuente está cerca de la línea visual.

*Tomada del libro: "Light, Vision and Seeing" de Luckiesia, M.D. Van Nostrand, Princeton, N.J., 1944.

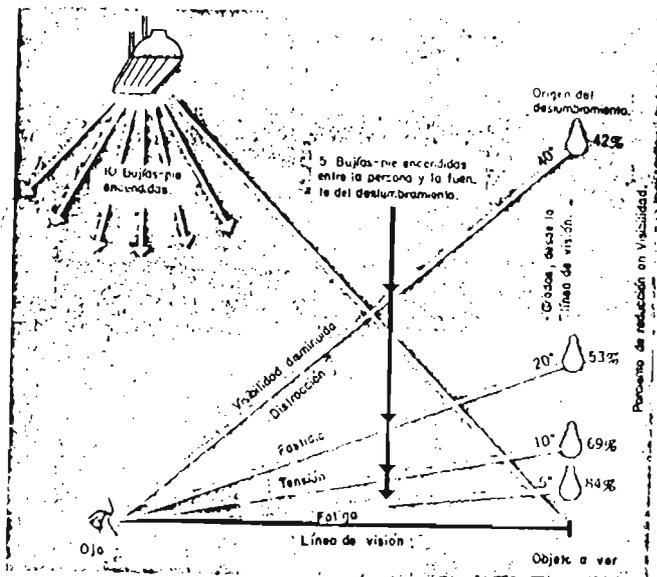


Figura No. 20

Los efectos del deslumbramiento pueden ser reducidos: moviendo hasta donde sea posible la fuente o haciéndola difusa cuando no se pueda mover ésta o aumentando el nivel de iluminación general de los alrededores, para que se reduzca el contraste, entre la fuente que ocasiona el deslumbramiento y la luz ambiental. Las superficies reflejantes algunas veces pueden ser movidas en relación al lugar de trabajo o cambiadas para que el reflejo sea difuso.

Area de Trabajo.-

Muchas tareas, tales como: trabajos de ensamble, la operación de ciertos tipos de máquinas y trabajos de escritorio son realizados cuando el trabajador está sentado o parado en un banco, una mesa o un escritorio.

La Fig. 21 muestra las áreas (normal y máxima) de trabajo, basadas en las medidas de una persona normal. Los movimientos más allá del área máxima de trabajo implican que el tronco del cuerpo sea movido y la repetición de esta operación ocasiona fatiga.

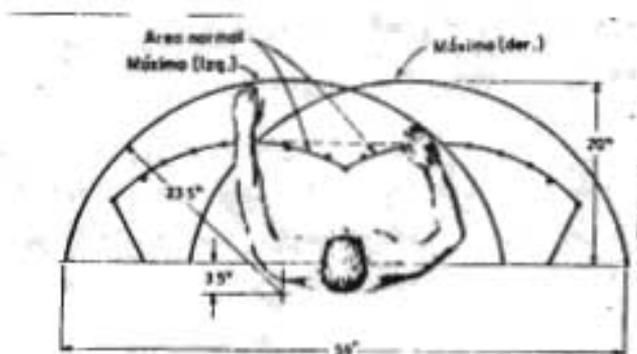


Figura No.21

Medidas similares han sido hechas para el plano vertical.

Un aspecto que no debemos olvidar es que aunque la figura No. 21 nos da las dimensiones que debe tener el lugar de trabajo, siempre es recomendable dejar un espacio mayor, ya que muchas veces el operador se encuentra junto al equipo y el espacio libre que queda no es suficiente para operaciones de mantenimiento, tránsito o cualquier otra.

También es importante considerar que esta área de trabajo sea cómoda y agradable, ya que muchas veces pensamos que como el mobiliario y la construcción es para trabajo industrial, este debe ser burdo; esto, es una equivocación, ya que los trabajadores se sienten incómodos y no dan el rendimiento adecuado.

2.1.5 Distribución de Planta

La distribución de planta es la integración del diseño de un sistema de producción. El objetivo básico de la distribución de planta es desarrollar un sistema de producción que cumpla los requerimientos de capacidad y calidad en la forma más económica. Para realizar la distribución de planta se requiere de información relativa al producto como es: tipos de proceso, patrones de flujo, hojas de operación, especificaciones, presupuestos, etc. La distribución debe integrar las áreas para maquinaria, lugar de trabajo, almacenamiento, sistema de transportación, servicios auxiliares de producción, taller de mantenimiento y servicios al personal; la distribución resultante debe: presentar fluidez en la fabricación, ser flexible y que permita la utilización de los equipos en otros productos con un mínimo de arreglos.

En los problemas de distribución, las restricciones físicas y económicas son una parte normal al problema, ya que es difícil no encontrarse con éstas. Las restricciones físicas pueden ser ocasionadas por la ubicación: tamaño, forma y orientación del terreno en relación a las vías de comunicación y en algunos casos por las leyes

federales en relación a ciertas normas de seguridad que se deben de cumplir. En los problemas de redistribución de planta los edificios ya existentes imponen restricciones muy severas. Los puntos mencionados previamente nos indican parte de la complejidad del problema, ya que casi todos los factores que intervienen en el problema tienden a interaccionar uno con otro; por ejemplo la flexibilidad que debe tener nuestra distribución afecta la naturaleza de los procesos y las capacidades, ya que interaccionará con los costos de una producción pequeña a una producción mayor; la transportación del material no solamente afectará los costos de transportación, sino también la cantidad de material manejado en las máquinas y lugares de trabajo. El arreglo físico y la localización relativa de los centros de trabajo, son importantes en la determinación de los costos de transportación y mano de obra directa. La localización de bodegas y capacidad de éstas, interacciona con los costos de transportación y demoras; y así podríamos seguir describiendo interdependencias, pero ese no es nuestro objetivo, sino más bien obtener la distribución óptima auxiliándonos de la ingeniería humana, de los principios de la economía industrial,

etc. Sin embargo, no existe una teoría general que haga posible una relación de todos los factores que intervienen y que el resultado sea el diseño óptimo; más bien el desarrollo de una buena distribución de planta es el resultado de una sucesión de grandes decisiones en las cuestiones como: localización, capacidad, y métodos de producción. Estas decisiones son seguidas por otras menos significantes pero importantes como son: - la selección y colocación del equipo, asignación del espacio, patrones de flujo, etc.

Estas decisiones se toman partiendo del conocimiento y la experiencia de los procesos a los cuales se les hará la nueva distribución de planta.

Como se puede observar no existe un método general para obtener la distribución de planta óptima, sino únicamente ciertas herramientas que ayudan a visualizar y comprender mejor el problema, y la obtención de la distribución de planta más adecuada recae fundamentalmente en el criterio y los conocimientos que tengan las personas que intervengan en el diseño.

TIPOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA

En general las distribuciones de planta pueden ser clasificadas de dos formas, dependiendo del tipo de industria, estas formas son: por proceso y por producto.

En el caso de la distribución de planta por proceso, la característica principal es que el tipo de equipo con funciones semejantes se debe colocar dentro de una misma área. La distribución de planta por proceso se apega a los sistemas de producción intermitentes.

La distribución de planta por producto o en línea sigue el modelo de producción continua; en este caso el equipo es acomodado de acuerdo a la secuencia en que es usado para un producto en particular. En el caso de que para la fabricación de los productos A y B se requieran equipos similares, estos normalmente serían duplicados, uno para cada línea, aún cuando el equipo no esté completamente utilizado en cada parte.

La distribución de planta por proceso es a menudo llamada funcional o distribución de trabajo por lote y es empleada cuando se utilizan los mismos equipos para procesar una gran variedad de productos, o cuando los productos no son permanentes. La condición requerida para la utili-

zación de esta distribución es la flexibilidad: flexibilidad de la ruta, flexibilidad del producto y flexibilidad del volumen.

Ahora la pregunta es: ¿Qué tipo de distribución de planta debemos utilizar?. Esto puede ser contestado teniendo los conocimientos básicos del - producto que se va a fabricar, ya que ambos tipos de distribución pueden ser ineficientes si - no se estudió a fondo el problema.

En base a las condiciones antes expuestas, la - distribución de planta por proceso viene a ser - más económica que la distribución de planta por producto; esto porque la distribución por proceso deja el equipo en una condición flexible con lo que puede ser usado en varias partes y la utilización de éste es mayor; además la inversión - total en equipo es baja. Si intentáramos hacer la distribución de planta por producto de acuerdo a las condiciones antes expuestas, el equipo tendría un aprovechamiento bajo y el resultado - sería una alta inversión.

En el caso de la distribución por proceso, cuando una máquina o un equipo del proceso queda fuera de servicio, únicamente esa operación es afectada; por el contrario a lo que sucedería en la distribución por producto, en donde la secuencia

de las operaciones es afectada en su totalidad. Si se cambia el diseño del producto la distribución en línea resulta obsoleta para el nuevo producto.

En el caso de que se presenten las condiciones adecuadas para la distribución por producto, el resultado es, muy bajo costo de manufactura. A continuación se mencionan algunas de esas condiciones:

1. Volumen adecuado para una utilización razonable del equipo.
2. Una razonable y estable demanda del producto.
3. Estandarización del producto.
4. Intercambiabilidad de partes.
5. Abastecimiento contínuo de materiales.

Cada uno de estos requerimientos necesita ser evaluado y necesita un profundo estudio como por ejemplo: el análisis del punto de equilibrio entre la distribución por proceso y por producto para una parte dada.

En la distribución por producto se ha encontrado que su principal campo de aplicación es el acondicionamiento de componentes y no la fabricación

de éstos.

Entre las ventajas que ofrece la distribución - por producto se pueden considerar: El ciclo de producción es más rápido, ya que los materiales se aproximan a un movimiento continuo y requieren muy poco manejo, con lo que este costo es bajo. Dado que los materiales no son movidos en lotes y por el rápido ciclo de manufactura, los inventarios en proceso son bajos y el espacio de almacenamiento de producto en proceso es minimizado, el área de piso total requerida en una distribución por producto es comunmente menor que el requerido en una distribución por proceso - equivalente, aún cuando se pudieran requerir más piezas individuales de equipo; finalmente el control de la producción es más simplificado para una distribución por producto debido a que el flujo es directo y mecánico.

Es raro encontrar una distribución de planta por proceso o por producto estrictamente hablando, ya que lo más común es encontrar mezclas de ambos, por lo regular las plantas fabrican productos de diversos tamaños y tipos en donde las máquinas se acomodan en grupos funcionales como en una distribución por proceso, pero la agrupación en el proceso puede ser acomodada en una secuen-

cia que se adapte a los diferentes tipos y tamaños más o menos bien.

PRINCIPALES FLUJOS EN LA DISTRIBUCION DE PLANTA.

Dentro de las distribuciones de planta, un punto muy importante que debemos observar es el flujo que van a tener nuestros materiales dentro del proceso, ya que como mencionamos al inicio de este tema, la distribución de planta que se diseñe debe tener un aprovechamiento máximo de los recursos; este flujo debe de tener un sentido lógico para eliminar al máximo los tiempos de transportación o de espera.

Básicamente se tienen dos modelos de flujo, y estos son: el flujo horizontal y el flujo vertical. En las figuras 22 y 23 se muestran gráficamente estos flujos.

La característica principal del flujo horizontal, consiste en que todo el equipo a utilizarse se encuentra en un solo nivel del piso y no es necesario subir los materiales más allá de los lugares de trabajo. Este tipo de distribución de planta es el más utilizado por su flexibilidad. En el caso del flujo vertical, el equipo es colocado a diferentes niveles de altura en relación

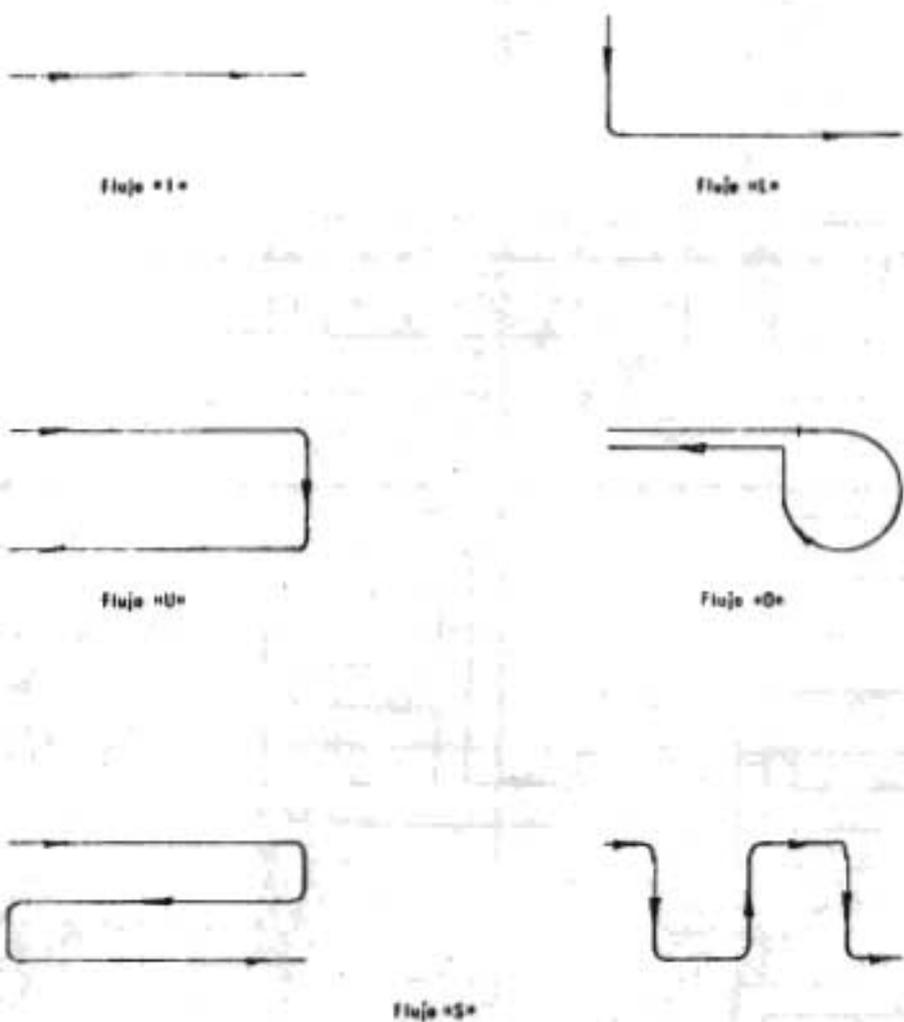
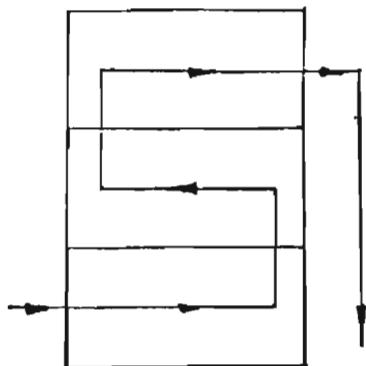
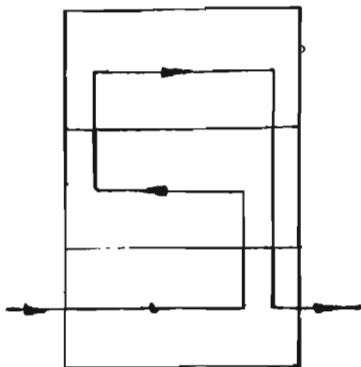


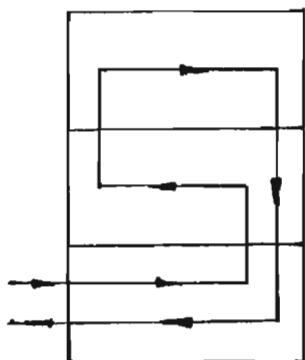
FIGURA 22. Modelos de Flujo Horizontal



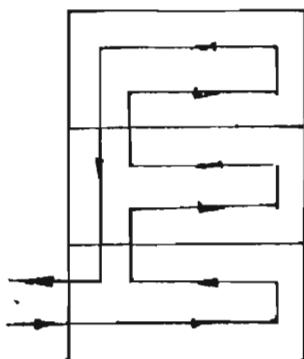
(A)



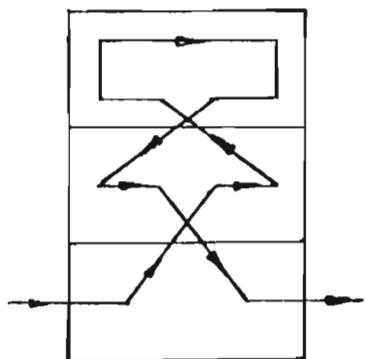
(B)



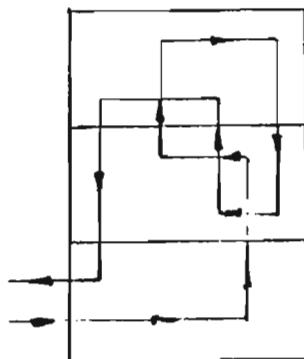
(C)



(D)



(E)



(F)

FIGURA 23. Modelos de flujo Vertical.

a la planta baja y los materiales son movidos -
por las diferentes partes del proceso; con el -
auxilio de elevadores, bandas transportadoras, -
cangilones, gruas, etc. Este tipo de flujo es -
apropiado cuando se manejan grandes volúmenes de
producción. En México una compañía que tiene un
flujo de este tipo es Colgate-Palmolive, en don-
de sus materias primas son elevadas al nivel su-
perior y procesadas en los diferentes niveles in-
feriores; saliendo el producto terminado por la
planta baja de la fábrica.

Vamos a ilustrar lo que previamente se ha descri-
to, con el fin de comprender más la utilidad que
tiene la elaboración de una buena distribución -
de planta.

Nuestro ejemplo consistirá en realizar la distri-
bución de planta más adecuada para el área de fa-
bricación de gragesas, y en donde se cuenta con -
varias restricciones de tipo físico; debido a -
las características de los productos que se fa-
bricarán, el tipo de distribución que se preten-
derá hacer es de distribución de planta por pro-
ceso, con lo que las operaciones y los equipos -
se agruparán de acuerdo a sus funciones en un so-
lo departamento; los departamentos que integran
la planta, así como sus requerimientos de área -

Las restricciones que se tienen son:

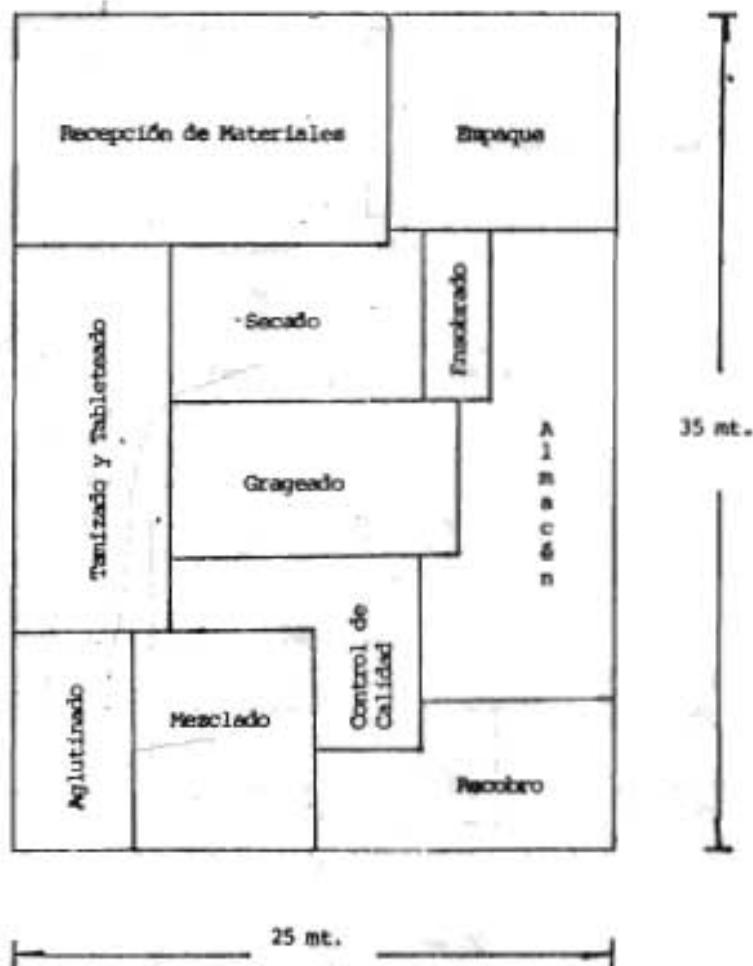
- a. Las dimensiones del edificio son fijas, ya que el área está bardeada y estas son: largo /35 mt., ancho 25 mt., con lo que el área es de 875 mt.²
- b. En las dimensiones de los departamentos, la relación del largo al ancho no debe ser mayor de 3 a 1.
- c. El Departamento de Recepción de Materiales debe localizarse en la pared Norte u Oeste del edificio o ambas.
- d. Es deseable que el Departamento de Control de Calidad se encuentre centrado.
- e. El Departamento de Recobro debe tener acceso por la pared Este o la pared Sur.
- f. Los departamentos que deben estar juntos, se deben tocar al menos esquina con esquina (cuando no se pueda el contacto pared con pared).

RESOLUCION:

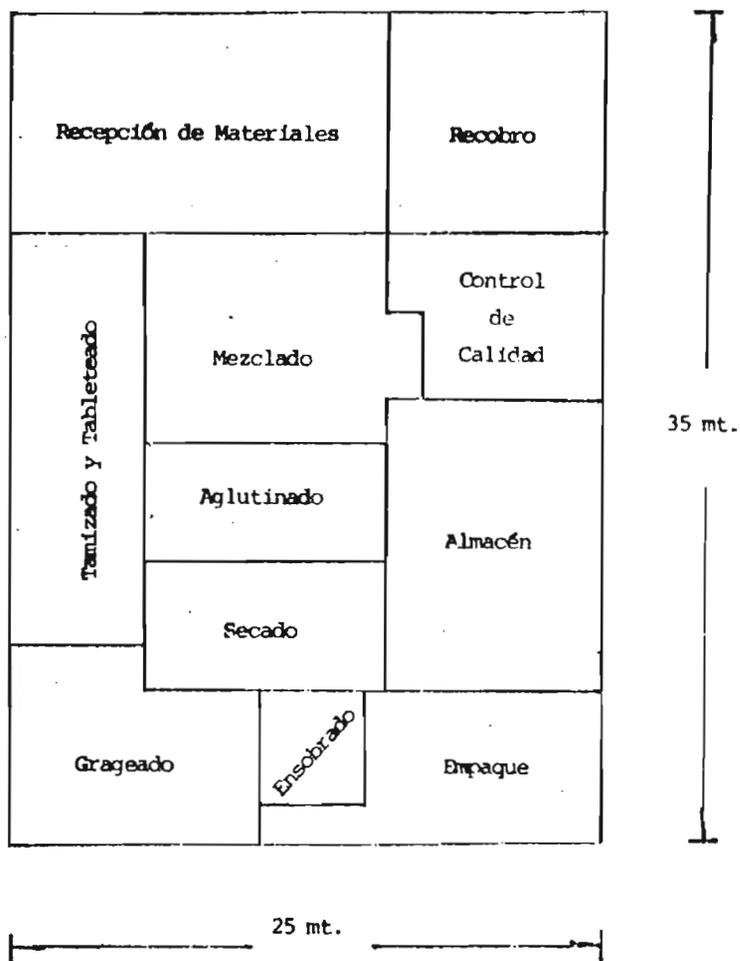
Aparentemente se tienen una infinidad de soluciones al problema, ya que son 11 departamentos y el número de combinaciones posibles sería $11!$ ($!$ = factorial) y que son: 39,916,800 arreglos

diferentes, solo que en nuestro caso la tabla de proximidades y las restricciones físicas nos reducen considerablemente este número de arreglos. Con lo que llegamos a 5 distribuciones de planta factibles; claro que ninguna de éstas cumple totalmente la tabla de proximidad, o las restricciones impuestas, ya que cumplir con éstas es - prácticamente imposible, las distribuciones encontradas son las siguientes:

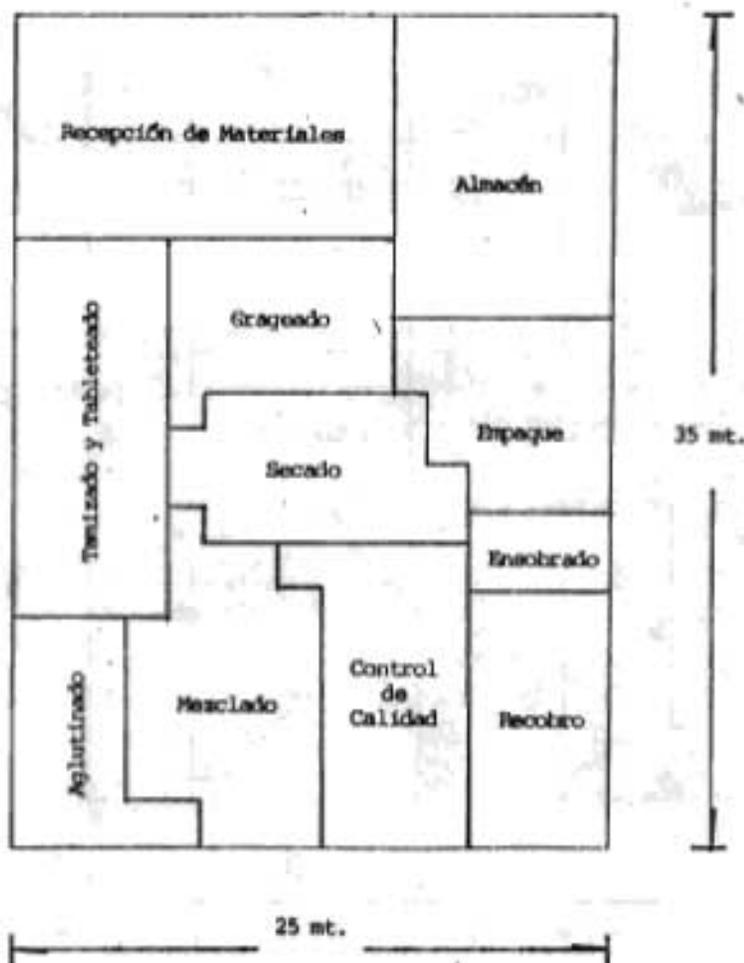
Distribución No. 1



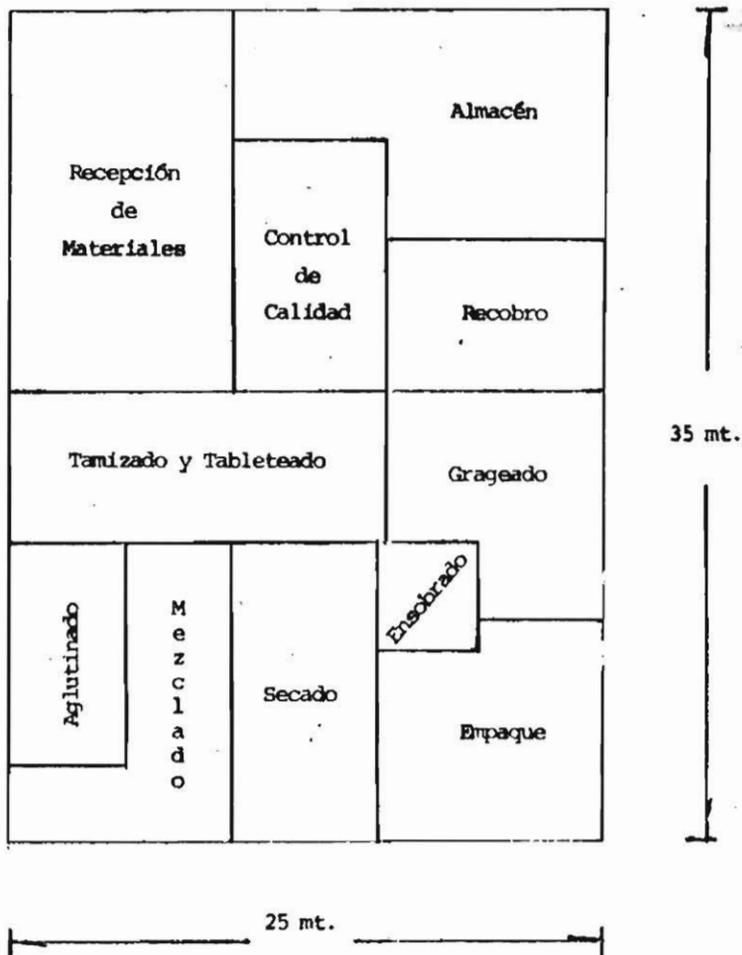
Distribución No. 2



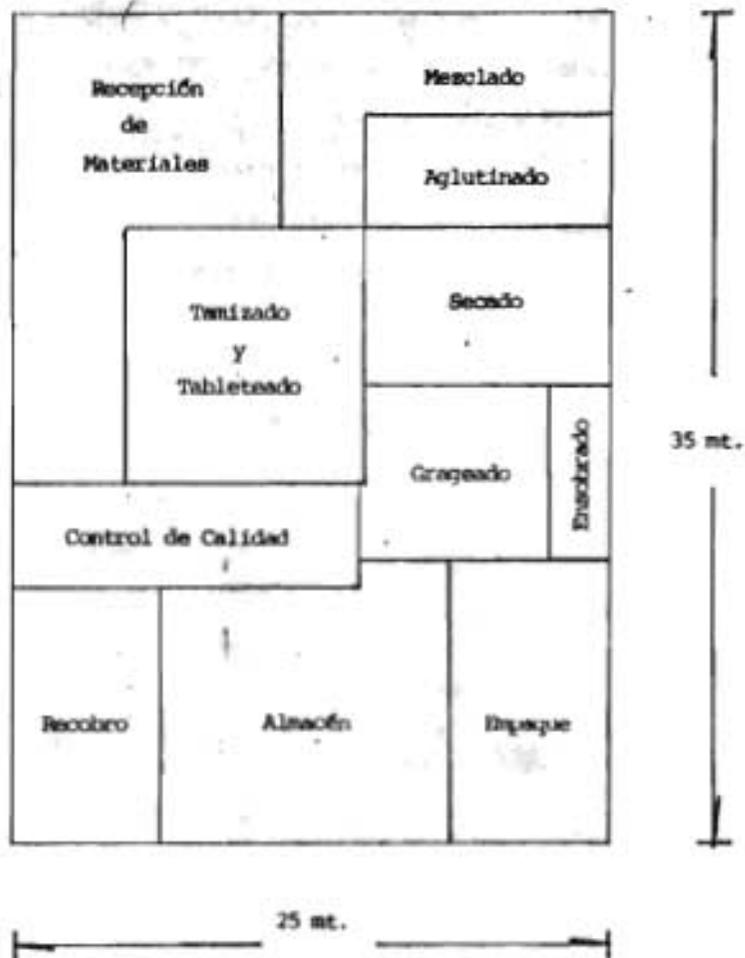
Distribución No. 3



Distribución No. 4



Distribución No. 5



Dado que las 5 distribuciones de planta cumplen con la mayoría de las restricciones, vamos a proceder a una evaluación por medio de penalizaciones; estas penalizaciones tienen un principio arbitrario, pero nos ayudarán a realizar la mejor elección, dado que se aplicarán de igual forma a cada una de las distribuciones.

La penalización consistirá en asignar un determinado número de puntos malos por cada restricción física o de proximidad que no se supla; al final se sumarán estos puntos y la distribución que acumule el mínimo de puntos será la mejor.

La tabla de penalizaciones es como sigue:

<u>RESTRICCION</u>	<u>PENALIZACION (PUNTOS MALOS)</u>
1. Indispensable que esté cerca - pero no lo está.	5
2. Debe estar cerca - pero no lo está.	3
3. Deseable que esté cerca - pero no.	1
4. No debe estar cerca - pero está cerca.	5
5. Recepción de Materiales no está en la pared Norte u Oeste	5
6. Recobro no está en la pared Este o Sur.	5
7. Control de Calidad no se encuentra localizado centralmente.	3

Además existe otra penalización y es que por cada departamento a través del cual el material deba viajar para alcanzar el departamento adyacente deseado se asignará un punto más.

A continuación se muestran los computos de las penalizaciones para cada una de las distribuciones:

VER PAG 462

<u>INDISPENSABLE QUE ESTE CERCA</u>	<u>DISTRIBUCIONES</u>				
	1	2	3	4	5
Empaque - Enacbrado					
Empaque - Almacén				7	
Tamizado y Tableteado - Grageado					
Tamizado y Tableteado - Secado					
Tamizado y Tableteado - Aglutinado					
Tamizado y Tableteado - Mezclado					
Tamizado y Tableteado - Recp. de Mat.					

NO DEBE ESTAR CERCA

Control de Calidad - Empaque
Control de Calidad - Aglutinado

DEBE ESTAR CERCA

Mezclado - Granulado					
Enacbrado - Secado					
Enacbrado - Grageado			4		
Recobro - Tamizado y Tableteado	4	4			4
Recobro - Empaque	4	5	5	4	4
Control de Calidad - Empaque			4		
Control de Calidad - Tamizado y Tab.		4			
Recop. de Materiales - Formulación	4		4	4	
Mezclado - Secado	4	4	5		

<u>DESEABLE QUE ESTE CERCA</u>	<u>DISTRIBUCIONES</u>				
	1	2	3	4	5
Grageado - Empaque	2				
Recobro - Enabrado	2	4		2	3
Control de Calidad - Secado	2			2	2
Control de Calidad - Grageado		2	2		
Recep. de Mat. - Control de Calidad	2		3		
Recep. de Mat. - Empaque		3	2	3	3

LOCALIZADO CENTRALMENTE

Control de Calidad		3	3		3
--------------------	--	---	---	--	---

LOCALIZADO EN LA PARED

Recobro (Este o Sur)
Recep. de Materiales (Norte o Oeste)

PENALIZACION TOTAL 24 29 32 22 19

La distribución de planta que tiene la penalización menor es la número 5, por lo tanto es la mejor distribución.

Para la resolución de este ejemplo utilizamos la técnica llamada "S.L.P." (Systematic Layout Planning) y sus etapas son las que se muestran en la figura 24.

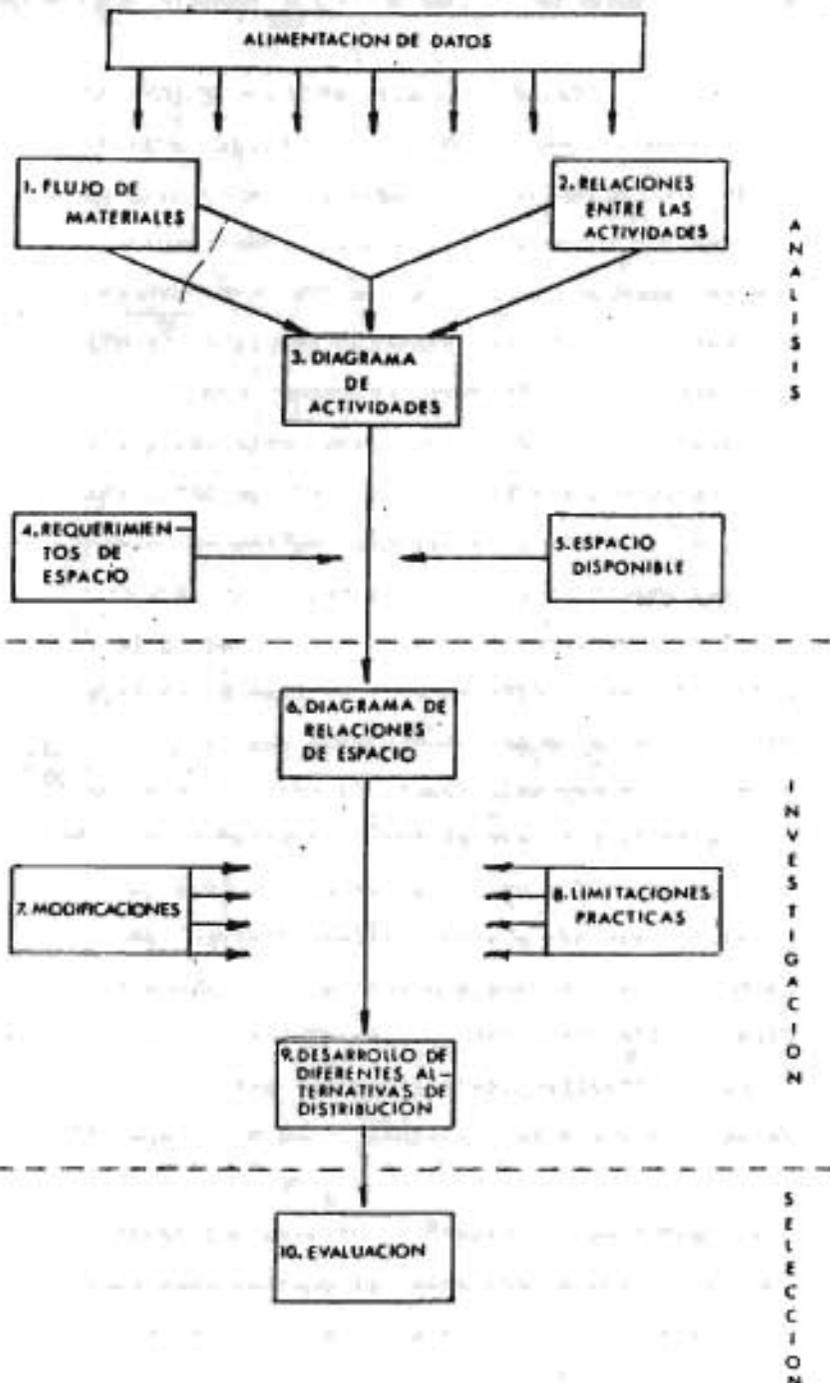


FIGURA No. 24.

A la par de esta técnica existen otras como son la técnica de CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique); esta técnica se efectúa por computadora, ya que las evaluaciones que se hacen son en base a los costos de manejo del material; cada distribución de planta tendrá un costo y la que lo tenga más bajo será la mejor distribución; claro que estos cálculos los realiza la máquina en un tiempo muy pequeño, además que las distribuciones las imprime en forma de diagramas de bloques. Las técnicas SLP y CRAFT son básicamente lo mismo, sólo que en la primera la evaluación se hace en base a penalizaciones y en la segunda, en base a costos.

Otra técnica muy utilizada es la distribución de planta gráfica y la cual consiste en utilizar plantillas en dos y/o tres dimensiones. Esta técnica nos ayuda a visualizar la distribución de planta de una manera más objetiva, ya que la distribución resultante expresa las especificaciones de localización del equipo, así como las relaciones entre las máquinas y los departamentos.

Las plantillas que más comúnmente se utilizan son las de dos dimensiones, ya que nos muestran gráficamente las áreas a utilizarse y las áreas

libres que se requieran. Por lo regular las -
plantillas que se utilizan, muestran el área má-
xima proyectada del equipo que se desea represen-
tar, o sea, si existe alguna parte que tenga mo-
vimiento, el área de la plantilla incluirá toda
el área que ocupe en cualquier posición esta par-
te. Un aspecto muy importante que debemos tener
siempre presente es que las dimensiones de la -
plantilla sean exactas.

El proceso para diseñar la distribución de plan-
ta con esta técnica, consiste en tener planos de
tallados del área donde va a realizarse la dis-
tribución, y varios juegos de plantillas; éstas
deben irse pegando al plano hasta obtener la dis-
tribución más conveniente, claro que esto no se
logra al primer intento, por lo que necesitamos
que las plantillas se puedan despegar con cierta
facilidad; para lograr esto, se recomienda poner
en la parte inferior de la plantilla un pedazo -
de cinta engomada y a los planos colocarles un -
forro de película de acetato o P.V.C. transparen-
te. Una forma sencilla de hacer las plantillas
es dibujar el área en cartoncillo y luego recor-
tarla. En el caso de las plantillas de tres di-
mensiones resulta ser una práctica más costosa,
ya que cada modelo es hecho con detalle y cae -

más bien en el área de las maquetas y como dijimos antes, el costo se eleva considerablemente, por lo que en la industria no es común hacer distribuciones de planta utilizando maquetas. Muchas veces esta técnica se utiliza cuando ya se tiene el diagrama de bloques de la distribución y nos ayuda a visualizar mejor ésta.

Hasta ahora hemos analizado la distribución de planta como una práctica enfocada a las áreas de proceso industrial, pero este no es su único campo de aplicación, ya que este mismo método puede aplicarse para encontrar las distribuciones más adecuadas en oficinas, cafeterías, hospitales, etc., la única diferencia sería que en lugar de tener limitaciones por proceso o por costo de manejo de materiales, pudiera ser por agilidad en el manejo de la información o alguna otra; por ejemplo, la distribución de un super-mercado será diseñada de tal forma que permita a los clientes ver la mayor cantidad posible de productos, para que de esta forma se sugiera su compra y además que los pasillos de tránsito no produzcan congestionamientos; en este caso los dos objetivos antes mencionados tienen prioridad sobre los costos que ocasiona el manejo de materiales a los anaqueles y lugares de exhibición.

COMENTARIOS:

Como se puede observar la distribución de planta viene a ser un punto muy importante en la obtención máxima de recursos y utilidades, ya que podremos tener una planta muy moderna y con equipo más adecuado, pero si no está bien distribuida, su aprovechamiento será bajo y en consecuencia - las utilidades no serán como se esperan.

2.1.6 Seguridad Industrial

La evolución e industrialización de las sociedades ha traído como consecuencia, que el hombre maneje cada día sustancias más peligrosas, por su toxicidad o por su inflamabilidad. Para producir estas sustancias, el hombre ha creado plantas con procesos que requieren de equipo, herramientas, condiciones de trabajo y mantenimiento para hacer menos peligroso el manejo de estas sustancias durante su elaboración.

Esto ha traído como consecuencia una gran cantidad de riesgos para las empresas ya que tanto las sustancias, equipos y herramientas, cuando no son utilizadas con las normas de seguridad adecuadas, pueden ser causa de accidentes. En el siglo pasado las explosiones, incendios y muertes eran consideradas como parte del proceso. Un ejemplo de esto lo tenemos en los incendios de los primeros pozos petroleros, los cuales se dejaban que se consumieran.

Actualmente la competencia entre las diversas empresas, tendiendo a dar mejores productos a precios más bajos, hizo que se buscasen reducir costos, incluyendo todo tipo de pérdidas causadas por accidentes, explosiones o incendios.

Lo anterior aunado a la tendencia humanitaria de

la administración moderna, da como resultado, - que en la actualidad las empresas consideren de igual importancia la producción, la calidad y la seguridad.

Ahora definiendo lo que es la Seguridad Industrial nos encontramos que: La Seguridad Industrial o Prevención de Accidentes como prefiera llamarse, es a la vez ciencia y arte. Representa por encima de todo, control: Control de trabajo humano, del trabajo de las máquinas y del medio ambiente. La palabra control se usa porque connota prevención, así como corrección de las condiciones y circunstancias inseguras.

Definida de este modo; la prevención de accidentes es un factor vital en toda empresa, en algunas de las cuales, por ser ignorada o practicada torpemente, conduce a innecesarios sufrimientos humanos y a negocios fallidos.

Métodos de Control de una Producción con Seguridad

El Ingeniero de la producción industrial debe de estar consciente de que lo más vital en la producción bajo condiciones de seguridad, es la acción del hombre; dentro de este amplio término tenemos:

1. Conocimiento del método adecuado y de herramientas y equipos.
2. Habilidad en aplicar el conocimiento.
3. Actitud permitida y resultante de la aplicación del conocimiento y de la habilidad.
4. Revisión y supervisión, que desarrollan y -
alientan el conocimiento, la habilidad y la aplicación.
5. Primeros auxilios y condiciones de hospitalización adecuadas para evitar pérdidas de -
tiempo y producción.

Así también otro aspecto de control está en la acción de las máquinas y en las condiciones físicas que afectan a la acción de los empleados y a la calidad, volumen y costo del producto.

1. Procesos y procedimientos planeados correctamente.
2. Máquinas, equipos y herramientas proyectados para la máxima eficiencia y economía, y mantenimiento adecuado.
3. Medio ambiente adecuado, espacio, luz, calor, facilidades sanitarias, distribución, ruido y limpieza.
4. Dispositivos para evitar la interrupción de la producción por necesidad repentina y para evitar perjuicios a la propiedad.

5. Materiales almacenados, transportados y manejados adecuadamente.

Finalmente la tercera fase de control, consiste en la programación de la actividad continua, diseñada para conservar completamente la eficiencia del trabajo del hombre y de la máquina. Esto incluye:

1. Selección, enseñanza, educación, instrucción y emplazamiento de los empleados.
2. Prácticas encaminadas al desarrollo de herramientas perfeccionadas, equipos, métodos y productos.
3. Adecuada conservación, reparación, reposición y programas caídos en desuso.
4. Cambio de herramientas especificadas, equipos, materiales y nuevo confrontado de procedimientos, para todas las operaciones industriales a que pueden afectar.
5. Investigación rápida para determinar las causas y soluciones cuando se presentan situaciones inesperadas, desusadas y desafortunadas de seguridad.
6. Acción reparadora pronta y eficaz cuando ocurre un trastorno.
7. Supervisión adecuada y práctica de los obreros.

8. Interés, apoyo y participación personal de los ejecutivos en el control del funcionamiento industrial.

Causas de las Lesiones Industriales

De acuerdo con los estudios acerca de las lesiones y accidentes de origen industrial se ha demostrado que:

1. Las lesiones industriales resultan solamente de accidentes.
2. Los accidentes son causados invariablemente por la poca seguridad de los actos de las personas o por la inseguridad en las condiciones mecánicas.
3. Las acciones y condiciones inseguras son causadas solamente por faltas de las personas.
4. Las faltas de las personas son causadas por el medio ambiente, por falta de preparación, negligencia, etc. Estos factores pueden presentarse solos o combinados.

De esta serie de causas puede deducirse que el descuido humano es el corazón del problema, donde se concluye, que los métodos de control deben de incluir la acción hombre.

Programa General de Seguridad

Cuando una empresa sistematiza y coordina los factores antes señalados, llega a establecer un programa general de seguridad, el cual debe tener una dirección ejecutiva, continua y enérgica. El objetivo de todo programa de seguridad es cero lesiones. Para lograr este objetivo las empresas se valen de los siguientes medios:

A. Premisas Fundamentales.

1. Todas las lesiones pueden ser evitadas.
2. El responsable de la Seguridad en toda la empresa, es el Gerente General de la misma.
3. Los responsables de la Seguridad en cada Departamento o División son los Jefes, Gerentes o Directores de esos Departamentos o Divisiones.
4. Los responsables de la Seguridad en cada turno de trabajo, son los Supervisores - del turno.
5. Los responsables de su propia Seguridad, son todos y cada uno de los Trabajadores de la empresa.
6. El Comité de Emergencias y la Comisión - Mixta de Higiene y Seguridad, no son responsables de la Seguridad en general de -

la empresa, ni de la Seguridad en particular de cada trabajador.

7. La Seguridad está basada en el orden, la disciplina y la limpieza; al no existir - estos elementos, no existe la Seguridad y tampoco están llevándose a cabo correctamente las otras funciones de la empresa - por lo que:

8. La Seguridad, no es un apéndice de las - obligaciones de todos y cada uno de los - trabajadores, sino parte integral de sus responsabilidades y por lo tanto, una actividad ineludible.

B. Las responsabilidades básicas de la Comisión Mixta de Higiene y Seguridad son las que establecen las Leyes Laborales vigentes.

C. Las actividades básicas del Comité de Emergencias son:

Auditoría Estadística de los procedimientos de Seguridad en toda la fábrica, y actividades complementarias de Seguridad que no pueden realizarse por los diferentes Departamentos, debido a la naturaleza de la organización y función de esos Departamentos.

D. Actividades de Contra-Incendio.

1. Elaboración de los métodos contra-incendio a primer nivel, en mutuo acuerdo con los Gerentes, Directores y Jefes de los Departamentos afectados, así como con la Dirección General o quien ella designe.
2. Adiestramiento a la supervisión en los métodos de ataque de incendios a primer nivel.
3. Adiestramiento del personal sindicalizado o personal no sindicalizado de niveles diferentes al de supervisión.
4. Inspección mensual, en forma de auditoría del equipo e instalaciones contra incendio de cada departamento, informando a la Dirección General o a quien ella designe de las fallas encontradas.
5. Recomendación de compra de equipo contra incendio, cuando sea necesario, en los diferentes departamentos.

E. Actividades de Emergencias Mayores.

1. Elaboración del programa de emergencias mayores.
2. Adiestramiento respectivo a la supervisión.
3. Adiestramiento a otros niveles diferentes,

al de supervisión, si lo solicita el departamento involucrado y lo autoriza la Dirección General o quien ella designe.

4. Elaboración de sistemas visuales permanentes que permitan a todo el personal saber exactamente que hacer en caso de emergencia.

F. Actividades de Primeros Auxilios.

1. Elaboración de acuerdo con el Departamento Médico, de un instructivo de primeros auxilios.
2. Adiestramiento al personal de supervisión sobre las técnicas de los primeros auxilios.
3. Adiestramiento respectivo a otros niveles diferentes al de supervisión, si lo solicita el departamento involucrado y lo autoriza la Dirección General o quien ella designe.
4. Recomendar la compra, de acuerdo con el Departamento Médico, de equipo y materiales de primeros auxilios, según lo necesite la Compañía.

G. Actividades de Investigación de Incidentes, Lesiones y Registro de Estadísticas.

1. Una vez recibido el informe de una lesión o incidente ocurrido en algún departamento, verificará la exactitud y veracidad - del informe del Supervisor o Jefe, mediante una investigación en el campo, con las personas involucradas y reconstruyendo lo sucedido.

Antes de 24 horas después de ocurrida la lesión o el incidente, tendrá completa y correcta la investigación y ésta pasará - entonces dentro de las actividades de divulgación.

2. Elaboración del informe mensual de Seguridad, en donde aparecerán mensual y acumuladas en el año, las lesiones, los incidentes, las enfermedades de trabajo, los índices de frecuencia y severidad, etc. Una vez elaborado, el informe pasará dentro de las actividades de divulgación.
3. Elaboración de un Sistema de Informe de Lesiones.

H. Técnicas.

1. Elaboración del Manual General de Seguridad de la Compañía.
2. Estudio de los problemas de Contaminación Ambiental relacionados con la Compañía.

3. Recomendaciones sobre el equipo personal de Seguridad dentro de la fábrica.

I. Actividades de Divulgación.

1. Obtención y reparto adecuado de las diferentes publicaciones de Seguridad, que se reciben en la Compañía.
2. Proyección de películas y transparencias de Seguridad a todo el personal de la Empresa.
3. Control de los letreros y cartelones de Seguridad instalados en los diferentes Departamentos de la Compañía. Colocación de los mismos si se llega a este acuerdo.
4. Relaciones con los diferentes Organismos Privados y del Gobierno, en lo referente a la Seguridad.

J. Otras Actividades.

1. Reuniones mensuales de Seguridad.

Ejecutores de las Actividades de Seguridad

1. Puede ser un Departamento de Seguridad, constituido de Jefe y Asistentes, informando a la Gerencia General, o a quien ella desione.
2. Puede ser un Comité Central de Seguridad, constituido fundamentalmente por un Presiden

y tantos Subcomités como actividades de Seguridad existan.

El Presidente será la Gerencia General o -
quien ella designe y el nombramiento puede -
ser permanente o temporal.

Los Subcomités estarán formados por trabaja-
dores sindicalizados y no sindicalizados por
un Líder que en cada Subcomité será la perso-
na que designe el Presidente y la responsa-
ble de las actividades de ese Subcomité.

El Comité Central de Seguridad funcionará -
como una Organización piramidal, siendo el -
responsable ante la Dirección a quien ella -
designa, el Presidente del Comité será eva-
luado por el Jefe inmediato superior de esa
persona en la organización formal, teniendo
como elementos de juicio los informes de los
Líderes y Presidentes del Comité Central de
Seguridad.

De esta manera, la actividad dentro del Comi-
té pasa a formar parte de las funciones nor-
males del trabajo diario de todos y cada uno
de los miembros del Comité.

Ejecutores de las Obligaciones de Seguridad

A. La Gerencia General

- B. Directores y Gerentes
- C. Jefes y Supervisores
- D. Todos y cada uno de los trabajadores de la -
Empresa.

Relación de las Obligaciones de Seguridad

- A. Obligaciones de Contra-Incendio:
 - 1. Hacer saber en todos sus detalles los métodos contra-incendio a primer nivel al personal bajo sus órdenes.
 - 2. Adiestrar al personal bajo sus órdenes en los métodos a primer nivel.
 - 3. Inspeccionar periódicamente el equipo contra incendio en las áreas, departamentos o divisiones bajo sus órdenes, con el propósito de mantenerlo operable todo el tiempo.
 - 4. Tener bien protegido el departamento bajo sus órdenes, haciendo uso del apoyo del Departamento de Seguridad, o del Comité Central para estudiar, recomendar e instalar los mejores equipos, sistemas y procedimientos contra incendio.
 - 5. Evitar cualquier actividad de cualquier persona, sea o no de su departamento que pudiese provocar un incendio, u otro -

riesgo en sus áreas.

6. Mantener operables y en buen estado los -
manuales, instructivos y cartelones.
7. Las que resulten para evitar en todo mo--
mento la posibilidad en un incendio o una
explosión.

B. Obligaciones de Emergencias mayores:

1. Hacer saber a todo el personal bajo sus -
órdenes y en todos sus detalles, los pro-
gramas y planes de emergencias mayores.
2. Adiestrar al personal bajo sus órdenes en
las actividades de los programas y planes
de emergencias mayores.
3. Evitar cualquier actividad de cualquier -
persona, sea o no de sus departamentos, -
que pudiese provocar en ese lugar un riesg
o mayor.
4. Las que resulten para evitar en todo mo--
mento la posibilidad de una emergencia mag
yor.

C. Obligaciones de primeros auxilios:

1. Hacer saber a todo el personal bajo sus órdenes, el instructivo de primeros auxilios.
2. Adiestrar al personal bajo sus órdenes en las técnicas de primeros auxilios.
3. Comprobar que el equipo de primeros auxilios existente, cubra las necesidades específicas de su departamento.
4. Las que resulten, para asegurarse que los conocimientos y prácticas de primeros auxilios son del completo dominio del personal bajo sus órdenes.

D. Obligaciones de investigación de incidentes y lesiones y riesgos de estadísticas:

1. Investigar y redactar informes inmediatamente después de lo que ha ocurrido al personal bajo sus órdenes, un incidente o una lesión de tal manera que dicho informe correctamente autorizado pase al Comité Central o al Departamento de Seguridad, sin dilación alguna.
2. Conocer y hacer saber al personal bajo sus órdenes, el estado de seguridad de la Compañía y de su propio departamento, de

acuerdo a los informes del Comité, del Departamento de Seguridad o de acuerdo a sus propias estadísticas.

3. Verificar que se cumplan todas las veces, el sistema de pases a la Enfermería.
4. Las que resulten para garantizar que todas las lesiones o incidentes son debidamente investigadas y registradas estadísticamente.

E. Obligaciones Técnicas:

1. Establecer un programa de revisión de dispositivos de seguridad de las máquinas y procesos en su departamento, de acuerdo con el Departamento de Mantenimiento.
2. Verificar que el personal bajo sus órdenes conozca y aplique perfectamente los capítulos del Manual General de Seguridad que interesen a su departamento.
3. Comprar y modificar en acuerdo con sus Jefes, el equipo personal de Seguridad del personal bajo sus órdenes.
4. Las que resulten, para garantizar que el personal bajo sus órdenes conoce y aplica todos los aspectos técnicos de la Seguridad en su departamento.

F. Obligaciones de Divulgación:

1. Verificar que su personal lea y asimile - los temas de Seguridad de las publicaciones del Comité o del Departamento de Seguridad.
2. Verificar que en su departamento, él o el personal bajo sus órdenes, dan las pláticas diarias de Seguridad de 5 minutos.
3. Elaborar temas para las pláticas de 5 minutos, basándose en las publicaciones, - los informes de Lesión o Incidentes, el - Manual General de Seguridad, el Instructivo de Primeros Auxilios, los Programas de Contra Incendio y Emergencias, y los In--formes Periódicos a nivel de Empresa, Departamento y/o Sección, las necesidades - específicas de su departamento, etc.
4. Colaborar con el Comité o el Departamento de Seguridad para que su personal asista a las proyecciones de películas, diapositivas, pláticas y conferencias de seguridad, etc.
5. Verificar la colocación de letreros de Seguridad.
6. Las que se deriven de la obligación de - mantener personal bajo sus órdenes perfect

tamente enterados de todo lo referente a la Seguridad de la Compañía y del Departamento.

G/ Obligaciones de Orden, Limpieza, Deficiencia de Seguridad y Actos Inseguros:

1. Según el nivel jerárquico del trabajador, se convertirá en Inspector de Seguridad - varias veces durante la jornada de trabajo, o un par de veces al mes, en los diferentes departamentos de la Compañía, para garantizar, mediante esta Auditoría Intensiva en forma de muestreo, que la sección, el Departamento y la Compañía en general se encuentren operando en forma segura, - todo el tiempo.
2. Los que se deriven de la necesidad de mantener la Compañía todo el tiempo limpia, ordenada y segura.

H. Otras Obligaciones:

Las que se deriven de las necesidades de cumplir el objetivo de cero lesiones y los objetivos parciales de los programas anuales de Seguridad.

Diez Pasos Fundamentales en la Planeación para la Prevención de Accidentes

Para establecer un programa de seguridad, primero es indispensable que la dirección suprema de la fábrica esté convencida de la utilidad de un programa de seguridad a establecer y en particular que la dirección desempeñe un papel activo y continuo en llevarlo a cabo. En muchos casos - los ejecutivos están plenamente convencidos de - la necesidad de un esfuerzo organizado para prevenir accidentes de los trabajadores, pero se - muestran indecisos sobre cuales sean los mejores métodos para llevar a cabo el programa.

Son muchos los planes formulados, algunos de largo alcance, para prevenir los accidentes. Cualquiera que sea el tamaño de la Compañía y la clase de trabajo a que se dedique, todos esos planes se basan en principios fundamentales que empiezan con los diez pasos sencillos y básicos - que son necesarios para poner en marcha, cualquier programa, para prevenir los accidentes.

Esos pasos se dan, por lo general, en el orden siguiente:

1. Obtener la cooperación del Director de la -
fábrica.- El Director tiene que hacer lo -

que le corresponde para poner seguridad en la empresa.

2. Obtener la seguridad del Director de Planta.- El Director de Planta tiene que hacer de la seguridad, una parte integrante de su organización de trabajo.
3. Nombrar un Director de Seguridad.- Hay que encargar a alguien de la Dirección del programa de seguridad.
4. Analizar el registro de accidentes.- Después de nombrado, el Director de Seguridad debe analizar los datos sobre accidentes durante uno o dos años anteriores, con el fin de saber: ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde? y ¿por qué? ocurrió cada accidente y quién fué la víctima.
5. Celebrar una reunión de los ejecutivos de producción.- Debe de convocarse a todos los Supervisores y Jefes de Producción a una reunión general presidida por el Director General o el Director de Planta.
6. Hacer una inspección de las operaciones.- Después de esta reunión, cada Supervisor debe hacer una inspección completa de su departamento.
7. Iniciar la instalación de dispositivos necé-

nicos para la defensa contra accidentes.-
Entonces debe de desarrollarse y llevarse -
a la práctica el programa de dispositivos -
de defensa contra accidentes, asegurándose
de que se corrigen ante los defectos más gra
ves.

8. Poner un aviso general.- Entonces, y no an
tes, debe comunicarse a los trabajadores el
plan para prevenir los accidentes.
9. Organizar el trabajo educativo.- Hay que -
formular un programa para mantener vivo el -
interés y suministrar información sobre segu
ridad a la Dirección, los Supervisores y a -
los trabajadores. Estudiéanse los nombramien
tos de brigadas de trabajadores sobre seguri
dad en la fábrica.
10. Estudiar la revisión técnica o de ingenie
ría.- De los métodos para mejorar la maqui
naria, las instalaciones y los procesos con
el fin de eliminar los riesgos y aumentar la
eficiencia en la producción.

Importancia de la Seguridad

De acuerdo con el siguiente ejemplo, se puede ob
servar lo importante de la seguridad en la pro--

ducción industrial y en la vida cotidiana.

En un estudio estadístico referente a los accidentes en las industrias de Norteamérica en un año, los accidentes costaron 180,000,000 días perdidos para la producción por 50,000,000 de trabajadores empleados, o sea, un promedio de 8 días por trabajador y por año, aparte, todas las demás causas de pérdida de tiempo. Bastaran esas cifras para hacer ver la importancia de la enseñanza y la ingeniería de seguridad contra accidentes como un medio de prevención de estos. El que el empleado se de cuenta de la importancia de la seguridad y el que desee ayudar a prevenir los accidentes depende, antes que nada, de los ejecutivos y los supervisores que dirijan la producción. Además, es un axioma que: La fábrica en que hay seguridad es eficiente. En la fábrica eficiente, hay seguridad.

2.2 Estudio de Tiempos y Movimientos: Los métodos

Desde el inicio de la humanidad se ha observado, que el hombre siempre ha tenido diferentes necesidades para su desarrollo, así el hombre primitivo requirió de vestido y defensa, y creó la ropa y las armas rudimentarias; luego requirió balancear su alimentación y desarrollo los métodos de cultivo; así podemos seguir enumerando infinidad de necesidades y requerimientos siguiendo la evolución del hombre, hasta llegar a nuestra época en donde el incremento de la población y de sus necesidades ha llegado a tal grado, que ya no puede seguir produciendo sus satisfactores de una forma rudimentaria y a baja escala, sino que ahora sus necesidades deben ser satisfechas de la forma más rápida y económica; con lo que ha observado, que para lograr esto debe analizar entre otros aspectos "que hace", "como lo hace", etc., con el objeto de sistematizar la producción de satisfactores y encontrar mejoras posibles. Para lograr lo anterior, el hombre ha desarrollado el estudio de tiempos y movimientos, el cual es una forma científica para describir y analizar los diferentes trabajos que se pueden presentar, considerando: Las materias primas, el diseño de los productos o servicios, los procesos, las herramientas, lugares de trabajo y equipo para cada etapa del proceso, y la activi-

dad humana requerida para la realización. La interrelación de estos factores debe ir encaminada a un objetivo, que en la mayoría de los casos es un ahorro; este ahorro puede ser en: esfuerzo humano, tiempo, materiales, etc., y cualquiera de estos puede capitalizarse, con lo que, los procesos vienen a ser más económicos y eficientes.

El método científico del estudio de tiempos y movimientos requiere un análisis concienzudo con el objeto de obtener el máximo de beneficios de éste; por lo que procederemos a describir como se desarrolla este análisis.

Como Iniciar el Análisis.-

El primer paso en la aplicación del método científico para la solución del estudio de Tiempos y Movimientos (E.T.M.) es: determinación del objetivo en terminos del área de trabajo a ser modificada y el establecimiento de un criterio para la evaluación de la solución.

La realización de esta etapa consiste de tres partes:

- A. Selección del criterio de éxito de la solución del problema.
- B. Determinación burda del grado de cambio, el cual es requerido.
- C. Contemplación de las áreas factibles aparentes de

modificación y la selección de el área más factible de cambio.

Analizando más profundamente estos conceptos tenemos lo siguiente:

A. Selección del criterio de éxito de la solución del problema.-

Para determinar nuestro grado de éxito, debemos conocer que es lo que estamos buscando perfeccionar, por lo tanto, la persona que busca un método mejor, primero debe normar su criterio utilizando sus conocimientos de la actividad como gufa.

Algunos criterios de éxito posibles son dados en la lista que a continuación se da y la cual ha sido orientada hacia situaciones de manufactura.

I. Máxima ventaja económica a través de:

- a) Menos tiempo de mano de obra directa.
- b) Menos esfuerzo de mano de obra directa.
- c) Menos mano de obra indirecta.
- d) Mejor balance de la mano de obra directa e indirecta.
- e) Menos o más etapas (dependiendo del producto o volumen).
- f) Mejor aplicación de las aptitudes del personal (más bajo costo de mano de obra).
- g) Más destreza (mano de obra más productiva).

- h) Mejor empleo del equipo.
- i) Equipo más barato.
- j) Menos espacio.
- /k) Menos desperdicios
- l) Altos rendimientos en los productos.
- m) Menos material costoso.

II. Máxima concordancia con las restricciones im
puestas externamente:

- a) Menos personas.
- b) Menos tiempo para una operación crítica.
- c) Menos tiempo en el equipo crítico.
- d) Menos tiempo de producción.
- e) Menos espacio.
- f) Menos material crítico.
- g) Menos capital de trabajo.

III. Mejor producto en relación a su función y ob
jetivo, aceptación y precio:

Este aspecto se puede considerar el más am-
plio de esta etapa, aunque podría involucrar
costos más altos de operación de un trabajo
en particular. Aunque en muchas situaciones
podría ser acompañado por una reducción de -
costo con lo que es doblemente deseable.

IV. Mejor control del material:

Este es también un objetivo económico ya que se relaciona a los costos de inventario, funciones de programación y control y servicio a clientes.

Para industrias o actividades que no sean de manufactura es necesario adicionar prioridades especiales de acuerdo a las necesidades de los criterios específicos de ese caso; por ejemplo, en un hospital la seguridad de los pacientes debe tener una prioridad absoluta.

B. Determinación burda del grado de cambio el cual es requerido.-

En esta etapa el analista debe de hacer de una forma somera, un estudio económico para determinar hasta donde es conveniente realizar uno o varios cambios en la operación o proceso que está analizando, con el fin de que ese cambio dé un mínimo de gastos en tiempo y esfuerzo; también es necesario que el ahorro que se obtenga con los cambios cubra los gastos que se hagan por dicho cambio.

C. Contemplación de las áreas factibles aparentemente de cambio y la selección de el área más factible de cambio.-

Para encontrar el analista de métodos los posibles objetivos de su estudio, puede ayudarse por medio de una guía de posibilidades, la cual consiste en considerar de una forma sistemática todos los posibles cambios que son sugeridos por el personal familiarizado con la actividad. La guía de posibilidad también permite la observación de las consecuencias de cada sugestión, como una existencia en la selección del tipo de cambio más factible y ayudar al analista a seleccionar el procedimiento de análisis apropiado, para la realización del siguiente paso del E.T.M.

Es importante hacer notar que las listas de posibles cambios puede ser hecha por una persona que tenga una ligera familiaridad con el trabajo que se está analizando; en muchos casos esta persona puede sugerir más posibilidades, que una persona que esté muy familiarizada con el trabajo, debido a que esta última no puede ver más allá de él; sin embargo, esto último es relativo, ya que no es una condición irremediable. La elaboración de la guía es efectuada más fácilmente tomando en cuenta los siguientes puntos:

- a) Enlistar las sugerencias en una forma de guía de posibilidades preliminares, algunas veces llamada lista de posibilidades.

- b) Especificar las consecuencias de cada sugestión es una forma de guía de posibilidades detallada.

El objeto de un E.T.M. puede ser clasificado bajo uno de los siguientes cinco tipos; dependiendo del tipo de cambio que se sugiera.

1. El trabajo manual.
2. El equipo de trabajo.
3. El proceso.
4. El diseño del producto.
5. Las materias primas.

Si el objetivo del estudio es "el trabajo manual", entonces las sugerencias tipo 1 y 2 se relacionarán a esta tarea. Los tipos 3, 4 y 5 se relacionan al trabajo solamente como una parte de la secuencia de la cual depende. Sin embargo estos aspectos siempre serán considerados, ya que frecuentemente una forma de mejorar un método de trabajo es: cambiar la secuencia de éste, lo que reduce el esfuerzo o tiempo; combinándolo con otro trabajo; puesto en una secuencia más ventajosa o al menos con una realización más simple.

Si el objeto del estudio es "el proceso", entonces las posibilidades tipo 4 y 5 conciernen al diseño del producto y a las materias primas según afectan

al proceso.

La guía de posibilidades con respecto "al diseño" o "las materias primas", son similares en naturaleza a las formuladas con respecto al "proceso".

A continuación daremos una guía de posibilidades - parcial para confrontar los cambios; aclarando que decimos que es parcial, porque el analista le puede agregar o quitar los aspectos que él considere convenientes en base a su experiencia y conocimiento del trabajo que va a realizar, esta lista está orientada al área de manufactura. Las preguntas - de esta lista son enumeradas tomando primero el tipo de cambio más complejo (tipo 5), hasta llegar - al tipo 1.

Lista para la Guía de Posibilidades:

5. ¿Pueden ser ligeramente diferentes las mate- rias primas? o ¿Puede ser ordenado el mismo ma terial en una forma, que sea más ventajosa?

Podemos cambiar:

- a. Forma.
- b. Tamaño.
- c. Empaque.
- d. Cantidad empaçada junta.
- e. Materiales auxiliares.
- f. Condiciones del terminado realizado por - el proveedor.
- g. Cualquier otra especificación.

4. ¿Puede el producto ser hecho, vendido o enviado en una forma más ventajosa?

Podemos:

- a. Modificar la formulación o el diseño.
- b. Empacarlo de una forma diferente.
- c. Cambiar el terminado.
- d. Cambiar el peso.
- e. Cambiar las tolerancias.

3. ¿Pueden hacerse operaciones diferentes a lo largo de la ruta, entre recibir los materiales y embarcar el producto?. Podemos:

- a. Modificar alguna etapa innecesaria.

1. ¿Qué está realizando?
2. ¿Porqué se hace?
3. ¿Qué pasaría si no se hiciera?

- b. Combinar algunas etapas.
- c. Separar ventajosamente cualquier etapa - en dos o más operaciones.

2. ¿Puede la secuencia de trabajo hacerse más fácil?

- a. Adicionando algún aditamento, equipo o cambio en el lugar de trabajo.
- b. Eliminando ventajosamente cualquier aditamento o equipo.
- c. Combinando dos equipos.

1. ¿Puede un nuevo método de movimientos hacer -

alguna tarea de la secuencia más fácil? Esto es casi siempre posible.

Junto con la guía de posibilidades, el conocimiento de las operaciones y el estudio de los factores involucrados tanto económicos como psicológicos, el analista puede determinar cual de las cinco áreas de cambio es la más prometedora, con el fin de iniciar el estudio teniendo un objetivo tentativo. Esto es importante, porque la técnica de análisis para el siguiente paso del procedimiento lógico será una función del área en la cual el cambio es requerido.

Los cambios tipo 1 (movimiento de manos y cuerpo) y tipo 2 (lugar de trabajo), afectarán solamente la forma en que las personas realizan su trabajo y el equipo que utilizan; en estos dos casos el siguiente paso del procedimiento lógico será el análisis del hombre, o sea, la técnica para determinar como el operador realiza su trabajo; o bien en el caso de que la tarea todavía no se realice, nos indicará como debe realizarse.

El Análisis del Hombre está formado por los siguientes puntos:

1. Análisis del diagrama del proceso manual (usualmente acompañado por un diagrama de flujo).

2. Análisis de las actividades de trabajo y muestreo de trabajo.
3. Diagrama de Operaciones.
4. Diagrama de Actividad Múltiple:
 - a) Diagrama Hombre - Máquina
 - b) Diagrama Multi-Hombre
5. Diagramas de Micromovimientos:
 - a) Diagrama Simo (Simograma).
 - b) Diagrama de Memomovimientos y reconocimientos de los Memomovimientos (por medio de películas en cámara lenta).
6. Análisis Cronociclográfico.
7. Análisis Visual.
8. Otras Técnicas para el Estudio de Tiempos.

Con respecto a los cambios tipo 3 (proceso o secuencia de trabajo), tipo 4 (diseño del producto), y tipo 5 (materiales); estos necesitarán como segundo paso un estudio del flujo del producto o análisis del producto.

El análisis de producto está integrado por el Análisis del Diagrama del Producto en el Proceso (acompañado de un diagrama de flujo).

El tipo de cambio escogido en particular como un objetivo en cualquier caso, es una función de muchos factores.

Los tipos de cambio más altos (tipo 5, tipo 4, etc)

a menudo toman más tiempo para su implantación, ya que afectan más personas y usualmente requieren una autoridad más alta, y además se deben de considerar los factores económicos y psicológicos cuando se toma la decisión final.

Los factores anteriores se plantean con las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tan grande es el volumen actual o esperado del producto? y ¿Qué tan a menudo ocurren las operaciones para fabricar dicho producto?
2. ¿Hasta cuando existirán esas operaciones?
3. ¿Cuánto tiempo por unidad es empleado en esa operación?
4. ¿Cuánto tiempo hay disponible para trabajar en ese cambio?
5. ¿Cuánto equipo instalado tiene ya esa operación?
6. ¿Cuánto análisis de tiempo será requerido?
7. ¿Cuántas pérdidas en producción, ventas o servicios ocurrirán durante el cambio?
8. ¿Cuánto tiempo de entrenamiento será requerido para este cambio?
9. ¿Cuál es el ahorro posible que se obtendrá por medio del cambio?

10. ¿Cuál es la posición del analista en la organización?
11. ¿Cuál es el personal involucrado?
12. ¿Cuáles son las políticas que afectan el cambio?
13. ¿Es el producto para uso interno o para los clientes?
14. ¿Qué otros grupos en la organización serán afectados por el cambio?

La importancia de cada factor varía de caso a caso y el orden con que se dieron no indica necesariamente su importancia, por lo que el analista debe evaluar estos factores para cada situación.

En todos los casos el tipo de cambio seleccionado, junto con las características físicas del trabajo o proceso en cuestión, determinarán cual de las técnicas de análisis mencionadas previamente será usada.

La guía de posibilidades sirve para los propósitos de:

1. Hacer el registro sistemáticos de los cambios posibles y reunir el material, con el cual se determinará el objetivo.
2. Ayudar en la determinación de la técnica de -

análisis más adecuada.

3. Indicar cuales divisiones en la organización serán afectadas.

En cualquier caso el analista nunca debe de perder de vista el deseo de eliminar una operación, ya que esta es la última mejora para cualquier operación, por consiguiente aún cuando el objetivo sea un cambio tipo 1 ó 2, es buena práctica hacer un análisis burdo del producto después de la guía de posibilidades y antes de utilizar cualquier técnica del análisis del hombre, esto permitirá al analista estar razonablemente en lo cierto y que no está analizando innecesariamente una fase del trabajo o el trabajo mismo.

2.2.1 Análisis del Producto (Análisis del Diagrama de Proceso del Producto).

El segundo paso del procedimiento científico para determinar un método mejor es el análisis; el cual consiste en dividir en los pasos pertinentes el método de trabajo para obtener una visión más clara.

El procedimiento específico seleccionado para realizar este análisis será una función del tipo de cambio más adecuado y las características del objeto a estudio. El procedimiento seleccionado proporcionará la estructura para la mayoría de los pasos siguientes.

El análisis del proceso del producto es un medio de representación gráfica de los pasos del procedimiento requerido, para realizar un trabajo y en donde se quiere modificar la salida de producto de uno de estos pasos. Esta técnica en principio es aplicada cuando:

1. La duración de varios lotes moviéndose a través de varios pasos del proceso o la relación de tiempo entre las etapas, no son los principales aspectos bajo consideración.
2. La relación entre los pasos sucesivos es relativamente simple.

3. La producción es independiente.

Si el problema no presenta las restricciones anteriores, entonces se usarán otras técnicas.

El análisis del diagrama del proceso del producto debe ser usado bajo las siguientes circunstancias:

1. Como el último chequeo antes de la aplicación de la técnica del análisis del hombre, y esto ocurrirá cuando la decisión alcanzada después del paso 1 sea buscar un cambio tipo 1 ó 2; en este caso el análisis será utilizado para verificar la necesidad de hacer un cambio antes de hacer la mejora.

2. Cuando la decisión es buscar un cambio tipo 3, 4, 5.

Cuando el volumen es grande y el trabajo es de larga duración; usualmente es deseable aqotar todos los medios posibles de perfeccionar un cambio tipo 3, 4 ó 5 antes de modificar cualquier operación.

3. Cuando se planea un producto nuevo o una nueva distribución de planta, este tipo de análisis debe ser hecho siempre para todos los materiales, y antes del inicio de la producción, con objeto de que el proceso sea lo

más eficiente posible.

Este tipo de diagramas sirve también como guía para el análisis global de la operación de la planta.

Para realizar estos diagramas se utilizan una serie de símbolos los cuales representan las etapas más comunmente usadas en un proceso: estos son dados a continuación:

SIMBOLO	SIMBOLO A.S.M.E.	NOMBRE	USADO PARA REPRESENTAR
		Operación.	Algo que se le hace a las materias primas o al producto en un lugar esencialmente. Este paso generalmente requiere de mano de obra directa y/o equipo. Esta etapa es la única en la que se le puede adicionar valor al producto.
		Inspección de Cantidad.	Una forma especial de operación involucrando la verificación de la cantidad presente de materias primas o de producto, contra un registro de la cantidad que se supone debe haber. Este paso usualmente requiere mano de obra directa, puede requerir equipo y proporciona control.
		Inspección de Calidad.	Una forma especial de operación involucrando la verificación de algún atributo o calidad de una materia prima o un producto contra un estándar. Este paso requiere mano de obra y equipo proporcionando así control.



Transporte.

Un cambio de lugar de una materia prima o de un producto sin cambiar ninguna otra cosa. Este paso generalmente requiere mano de obra y equipo.



Almacenamiento Temporal.

El almacenaje de una materia prima o de un producto bajo condiciones tales, - que éstos puedan ser movidos o sacados del almacenamiento sin una requisición. Este paso requiere espacio.



Almacenamiento Controlado.

El almacenamiento de una - materia prima o de un producto bajo controles y en donde es necesario una requisición para sacarlas. Este paso requiere espacio y mano de obra directa y - representa un inventario.

El proceso involucrado en la manufactura, procesamiento o manejo de partes, componentes o productos es generalmente representado graficamente, en términos de estas etapas y por medio de estos símbolos, con el fin de facilitar el entendimiento y romper la secuencia en etapas relativamente homogéneas. El uso de este conjunto de símbolos es deseable, porque la clasificación de los pasos en categorías, que tienen características conocidas, es de gran importancia en este trabajo, más de que estos diagramas son entendidos por - otras personas que intervengan en el mejoramiento

to del método.

La aplicación del análisis del diagrama de proceso del producto, podría ser mejor entendido, por medio de un ejemplo. Sea el caso de la fabricación de esponjas de gasa estériles (la esponja es un cojinete de gasa doblada).

Las materias utilizadas para la fabricación de este producto son: rollos de gasa, sobres de papel glassine y cajas para el empaque.

El proceso actual de fabricación consiste en colocar los rollos de gasa en una máquina automática, la cual corta una tira de 25 x 20 cms. y ésta es doblada por medio de rodillos y láminas, de tal forma, que a la salida de la máquina queda un apósito (esponja) de 7.5 x 5 cms. y con 12 capas; las esponjas así formadas son guardadas a granel en cajas de cartón corrugado, para posteriormente continuar con el proceso, el cual consiste en meter cada una de estas esponjas en un sobre, y pegar con adhesivo la pestaña de éste. Las esponjas ya ensobradas son depositadas en canastillas de malla de alambre, para proceder a su esterilización. Una vez esterilizado el producto, se revisa - sobre por sobre - para verificar el pegado de la pestaña, se cuentan y se empaquetan 100 sobres en una caja de cartoncillo; es-

tas cajas pasan al almacén de cuarentena y posteriormente al almacén de producto terminado.

El proceso tiene el problema de que aproximadamente un 25% de los sobres, no cumplen con la especificación del pegado de la ceja, lo que ocasiona, que el producto salido del autoclave se contamine, perdiendo su calidad de producto estéril; estos sobres defectuosos son reacondicionados y nuevamente esterilizados, sólo que en este ejemplo no consideraremos las operaciones de reacondicionamiento.

Se ha fijado como objetivo reducir la cantidad de producto defectuoso y si es posible, disminuir la mano de obra directa y manejo que interviene en la fabricación de este producto.

El diagrama del proceso para este producto, es dado a continuación:

Tipo de Tablo Diagrama del Proceso del ProductoMétodo Original

Máquina No. _____

Operación Envolado, Esterilización y
Empaque

Operación No. _____

Parte No. _____

Nombre de la Parte España 7.5 x 5.0 cms.Registrado por A.V.

Operador _____

Fecha Abril 18

CANTIDAD	DISTANCIA (m.)	SÍMBOLO	EXPLICACION
1		○	Formación de la esponja.
1		○	Empaque a granel.
10000		D	Españas empaquetadas a granel.
	15	○	A empaque en sobres.
1		○	Empacado en sobres.
10000		D	Sobres en canastillas.
	20	◇	Al esterilizador.
10000		○	Esterilización.
	20	◇	A revisión y empaque final.
1		□	Revisado y empaquetado.
	100	◇	Almacén cuarentena.
10000		▽	Cuarentena.
	100	○	A almacén producto terminado.
10000		▽	Almacén producto terminado.

RESUMEN:

○ =5

◇ =5

▽ =2

D =2

□ =1

Distancia - 255 mtg.

Este diagrama consta de cuatro columnas: la primera, para la cantidad manejada usualmente (en el caso de almacenamiento, esta columna muestra la cantidad acumulada de este producto); la segunda, es la columna de distancias, la cual se utiliza en el símbolo de movimiento y muestra la distancia cubierta por el movimiento; la tercera columna, es la de los símbolos que identifican las características generales de cada etapa (estos símbolos pueden estar ya impresos en la forma y lo único que es necesario hacer, es conectarlos con una línea); la cuarta columna es descriptiva, y es donde se resume el trabajo realizado o la naturaleza de la etapa o su localización. Las unidades de tiempo o costo para cada etapa puede algunas veces ser de utilidad, por lo que puede añadirse en una columna adicional. Al fin del diagrama es conveniente hacer un resumen y también es conveniente anexar al diagrama un croquis de la parte de la planta que se está analizando, señalando el camino que sigue el producto, a este croquis se le llamará Diagrama de Flujo. En el ejemplo que estamos analizando no es necesario.

Ahora que ya se tiene el diagrama de proceso, el siguiente paso (tercero) del procedimiento lógi-

co es la crítica, la cual consistirá en la aplicación al análisis de datos básicos y la lista de chequeo de las correcciones deseables de las diferentes etapas, en un modelo de trabajo mejor. El procedimiento usual para realizar este paso, consiste en estudiar al diagrama respondiendo una serie de preguntas, las cuales deben ser contestadas por un analista que conozca el proceso y el producto, y manteniendo su pensamiento abierto, en vez de tratar de encontrar defectos para rechazar las propuestas.

La lista de preguntas para el análisis del diagrama de proceso del producto, se apoya en los objetivos siguientes:

- A. Reducir el número de pasos del proceso.
- B. Acomodar los pasos del proceso en un mejor orden.
- C. Hacer los pasos del proceso tan económicos como sea posible.
- D. Reducir el manejo.
- E. Combinar pasos del proceso si esto es económico.
- F. Realizar movimientos más cortos.
- G. Proporcionar los medios más económicos para los movimientos.
- H. Utilizar un mínimo de puntos de control y en

los lugares más ventajosos.

En base a estos objetivos, se pueden formular -
las siguientes preguntas:

1. ¿Puede algún paso del proceso ser eliminado?
 - a) Como innecesario (pregunta: ¿Por qué es -
realizado?).
 - b) Por equipo nuevo (pregunta: ¿Por qué se -
utiliza el equipo actual?).
 - c) Cambiando de lugar donde se realiza el -
trabajo (pregunta: ¿Por qué es efectuado
ahí?).
 - d) Cambiando el orden del trabajo (pregunta:
¿Por qué se hace en el orden actual?).
 - e) Cambiando el diseño del producto (pregun-
ta: ¿Por qué se hace como está?).

2. ¿Puede algún paso del proceso ser combinado
con otro?

Existe algún cambio posible que haría esto -
factible en el:

- a) Lugar de trabajo.
- b) Equipo.
- c) Orden de los pasos del proceso.
- d) Diseño del producto.
- e) Alguna materia prima.

3. ¿Pueden los pasos del proceso acomodarse de tal forma que alguno se haga más fácil o más corto?
4. ¿Puede algún paso del proceso ser hecho más fácil? (Si esto es posible, es necesario hacer un análisis para este paso).

Las respuestas a algunas de las preguntas (las que pueden contestar en el caso ejemplificado) se dan a continuación:

La pregunta 1b nos da un punto de partida, ya que se puede obtener una máquina que forme el sobre, introduzca la esponja a éste y selle perfectamente las orillas, además esta máquina puede ser ensamblada a la máquina formadora de esponjas, con lo que se eliminan operaciones, manejo del producto y el producto terminado se empaquetaría en su caja a la salida de la máquina, con lo que la esterilización del producto se lleva a cabo, en su empaque final; estas otras soluciones, se obtuvieron al contestar las preguntas: 1a, 3 y 4.

Una vez contestadas las preguntas de la lista de chequeo, el cuarto paso del procedimiento lógico será: la formulación de un nuevo procedimiento -

para la realización del trabajo.

En el caso de nuestro ejemplo (fabricación de esponjas de gasa) el diagrama sugerido es el que se muestra en el diagrama No. 2.

El quinto paso del procedimiento lógico consiste en probar (en teoría), el método propuesto por medio de los datos reunidos en el paso número 3 (lista de chequeo) y con respecto a los objetivos fijados en el paso número 1. El nuevo método deja ver la posibilidad de que la calidad del producto sea mejorada notablemente, dadas las características de la máquina, con lo que la cantidad de producto defectuoso disminuye notablemente, además la máquina sustituye a cinco personas, por lo consiguiente hay un ahorro en mano de obra directa. El estudio económico señala que con los ahorros que logra la máquina, ésta se paga en aproximadamente un año y medio.

De acuerdo a estos resultados (teóricos) el nuevo método es factible de llevarse a cabo.

Tipo de Ticio DIAGRAMA DE PROCESO DEL PRODUCTO

Método Propuesto

Máquina No. _____

Operación España, encastrado, esterilización y empaque

Operación No. _____

Parte No. _____

Nombre de la Parte España 7.5 x 5.0 cm.

Registrado por A.V.

Operador _____

Fecha Mayo 11

CANTIDAD	DISTANCIA (m.)	SÍMBOLO	EXPLICACION
1		○	Formación esponja.
1		○	Encastrado y empaque en caja.
10000		D	Españas estibadas.
	20	○	Al esterilizador
10000		○	Esterilización
	100	◇	A almacén de cuarentena.
10000		▽	Cuarentena.
	100	◇	A almacén producto terminado.
10000		▽	Almacén producto terminado.

SUMARIO:

	ORIGINAL	PROPUESTO	AHORRO
○	5	3	2
◇	5	3	2
□	1	0	1
▽	2	2	0
D	2	1	1
DISTANCIA	255 m.	220 m.	35 m.

El paso número 6 del procedimiento lógico será - la prueba física en la línea, con lo cual se comprueba lo establecido "teóricamente" y se observa el producto terminado físicamente, con objeto de ver si no sufrió alguna variación en su calidad o funcionamiento. Para el caso de nuestro - ejemplo se observó que una persona era insufi- - ciente para la operación y vigilancia del proceso de ensobrado; ya que en un principio se estimó que una sola persona podía operar la máquina formadora de esponjas y la máquina ensobradora, sólo que esta última requería de una vigilancia más estrecha, por lo que fue necesario adicionar otro operador, con lo que el proceso funcionó - con los resultados de calidad y eficiencia previstos. Claro que el estudio económico necesitó ser rectificado, pero a pesar de esto, el estudio económico siguió siendo muy favorable.

El séptimo y último paso del procedimiento lógico, es la aplicación del nuevo método con lo que se llega a una estandarización final, para lo - cual en nuestro ejemplo fue necesario cambiar la edición de las especificaciones de proceso, producto y material de empaque.

COMENTARIOS:

En todo análisis de un proceso llevado a cabo - por medio del procedimiento lógico es necesario seguir la secuencia de sus pasos - sin omitir - ninguno - con el objeto de preveer la mayoría de los inconvenientes que pudieran presentarse, ya que es muy frecuente que un nuevo método sea probado y éste falle, porque se hizo una omisión en el procedimiento, y si ésta se hubiera considerado, el resultado sería positivo.

2.2.2 Análisis del Hombre

Análisis del Diagrama del Proceso del Hombre:

Después de que la guía de posibilidades o algún otro análisis preliminar es efectuado, la conclusión es buscar un cambio tipo 1 (el método) ó 2 (el equipo); con lo cual esta decisión implica - que el cambio afectará a una tarea o una estación de trabajo; por tal motivo se usará la técnica - del análisis del hombre para el segundo paso del método científico. Este tipo de análisis es requerido también si una sola tarea u operación va a ser diseñada.

La técnica escogida para llevar a cabo este paso, en principio será una función de las características físicas de la tarea; claro que todo esto - debe ser precedido por un estudio preliminar del Análisis del Diagrama del Proceso del Producto, para estar seguros de que la tarea es necesaria y el Análisis del Diagrama del Proceso del Hombre es frecuentemente la técnica más adecuada para el segundo paso del Estudio de Tiempos y Movimientos.

El Análisis del Diagrama del Proceso del Hombre es un medio gráfico de presentar los pasos que - realiza una persona, cuando efectúa una tarea - que requiere de él, para moverse de un lugar a -

otro en el curso de su trabajo. Este es, un análisis de los movimientos que hace la persona y no de los pasos realizados en la secuencia sobre el producto o el material, por lo que debemos tener cuidado para no confundirlo con el Análisis del Diagrama del Proceso del Producto, ya que como se dijo al principio de este subtema, el resultado final del Análisis del Diagrama del Proceso del Hombre es usualmente una mejora tipo 1 ó 2.

Al igual que en el Análisis del Diagrama del Proceso del Producto, para el Análisis del Diagrama del Proceso del Hombre, nos auxiliaremos de símbolos que nos ayudarán a separar las diferentes actividades que realice el hombre, los símbolos se dan con su explicación en la siguiente Tabla:

SIMBOLOS PARA EL ANALISIS DEL DIAGRAMA DEL
PROCESO DEL HOMBRE

SIMBOLO	SIMBOLO A.S.N.E.	NOMBRE	USADO PARA REPRESENTAR
		Operación	El hacer algo en un lugar.
		Determinación de cantidad	Una forma especial de operación involucrando a una persona para determinar la cantidad de un ob- jeto presente.
			
		Movimiento	Un cambio de localización; movi- éndose de un lugar a otro.
		Demora	Ociosidad. Esperando o moviéndose; proporciona el movimiento - que no es parte del trabajo y - el tiempo que habría sido gasta- do esperando.

Los tres primeros símbolos de pasos se refieren al trabajo realizado en un lugar, pero indicando diferentes grados de responsabilidad, únicamente el primer símbolo indica un paso en donde se le adiciona valor al producto.

El cuarto símbolo es un paso que es afectado en principio por la distribución del área de trabajo, pero también es influenciado por la secuencia.

El quinto símbolo es usualmente indeseable, a me- nos que éste proporcione descanso, con lo cual - su posición en la secuencia de trabajo es impor- tante.

Cuatro tipos de tareas generales pueden ser en- contrados cuando se aplica el Análisis del Dia- grama del Proceso del Hombre:

1. El trabajo tiene un sólo ciclo repetitivo:

En este caso, un sólo ciclo será representa- do con todos los pasos necesarios, para lle- var una unidad de producto a la condición de terminación típica de la operación o sean to- dos los pasos típicos de una sola realiza- - ción de la tarea.

2. El trabajo es cíclico, pero existen algunos subciclos realizados con frecuencia diferen- te:

Por ejemplo; el trabajador puede realizar el sub-ciclo A en cada parte y luego el sub-ci- clo B para diez partes juntas, con lo que el sub-ciclo B se realiza 1/10 de veces tan fre- cuente como el A.

3. El trabajo varía de ciclo a ciclo:

A) En algunos casos (como los de mantenimien- to) la variación podría ser primariamente

debido a un hábito del operador y no, de una forma inherente al trabajo; consecuentemente, el analista debe registrar varios ciclos con el fin de obtener más información, con la cual desarrollará un modelo preferible de trabajo.

- B) La variación puede ser inherente al trabajo y cada ejecución podría diferir en detalles, pero no en el modelo general; en este caso, el muestreo de ciclos es registrado para el estudio con el modelo general indicado y los detalles que pueden cambiar son señalados para estudiarlos y determinar los factores que controlan las variaciones.

En los casos (A y B) es requerido un tipo de estudio más complejo como pudiera ser el estudio de memomovimientos.

4. El proceso puede ser de tal forma que no exista ciclo o modelo:

Este tipo de trabajos generalmente se presentan en tareas de supervisión o actividades similares; en este caso el análisis del diagrama del proceso del hombre puede ser llevado a cabo solamente por sugerencias genera--

ies, sobre la base de que la persona debe planear constantemente, para que su trabajo pueda en el futuro ser llevado a cabo de una forma más planificada y mejor; en casos de este tipo, la técnica llamada Análisis de la Actividad del Trabajo es muy útil, con objeto de hacer cambios benéficos.

La aplicación del Análisis del Diagrama del Proceso del Hombre será mejor entendida por medio de un ejemplo:

Ejemplo: Inspección en la fabricación de seda negra trenzada (trabajo de ciclo simple). La guía de posibilidades ha sugerido un cambio tipo 1 ó 2 como los más factibles y un Análisis del Diagrama del Proceso del Producto para la producción de la seda negra ha indicado que la tarea era necesaria en el lugar actual de la secuencia. El trabajo del inspector consiste en checar la calidad de la seda negra que sale de seis máquinas, moviéndose de máquina a máquina, por lo que su trabajo consiste esencialmente de un solo ciclo continuamente.

Para registrar este ciclo, se contruyó un Diagrama del Proceso del Hombre como segundo paso para el análisis del procedimiento científico.

Para iniciar el Diagrama del Proceso del Hombre.

el analista puede iniciarlo en cualquiera de los pasos, pero es más fácil de entender, si el primer paso corresponde al primer atributo que se le aplica al producto; para este ejemplo y haciendo uso de la tabla de símbolos dada al principio de este subtema, se realizó el diagrama original para el Proceso del Hombre (ver diagrama 1).

Tipo de Tabla ANALISIS DEL DIAGRAMA DEL PROCESO DEL HOMBRE.
 Método ORIGINAL Máquina No. SECCION D
 Operación INSPECCION EN EL TRENZADO. Operación No. _____
 Parte No. _____
 Nombre de la Parte SEDA NEGRA Registrado por G. BALBIN
 Operador E. CASTILLO Fecha AGOSTO 24

DISTANCIA (mts)	SIMBOLO	DESCRIPCION
7.5 (prom.)	○	Al siguiente carrete terminado.
	○	Tomar carrete.
7.5 (prom.)	○	Al banco de trabajo del inspector.
	○	Poner carrete sobre el banco.
	○	Desenrollar y cortar la capa superior, la cual está siempre dañada.
4.5 (prom.)	○	Al recipiente de desperdicios.
	○	Tirar el pedazo cortado.
4.5 (prom.)	○	Al banco de trabajo del inspector.
	○	Cortar 50 cm. del final y tomar de ésta una muestra de 5 cm.
	◇	Diámetro externo con micrómetro.
	○	Recoger el carrete.
7.5 (prom.)	○	Al anaquel de carretes revisados.
	○	Dejar carrete.

RFS1712:

○ = 7

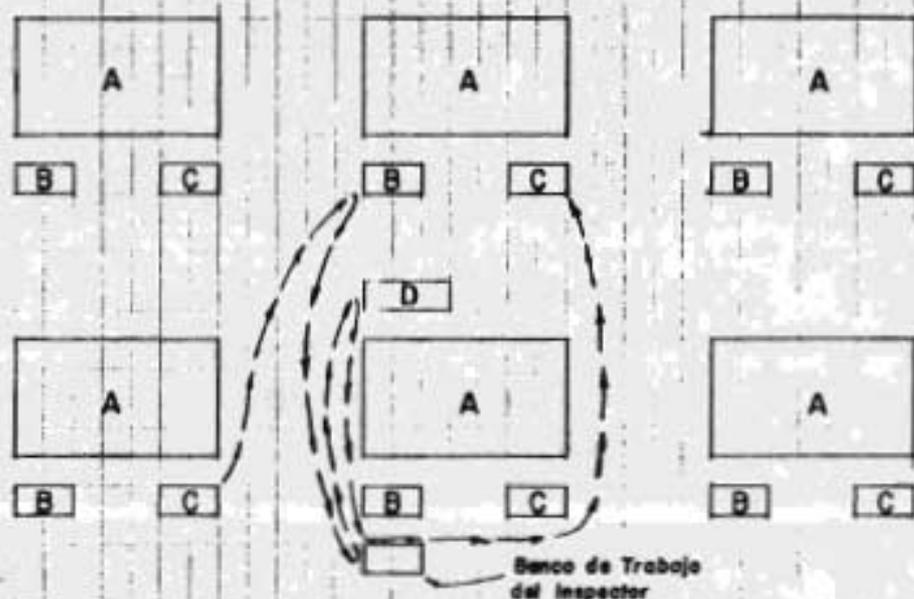
DISTANCIA = 31.5 mt.

□ = 0

◇ = 1

○ = 5

Boceto del Diagrama de Flujo del Método Original del Hombre para la Inspección del Trenzado de Seda Negra.



- A= Máquinas Trenzadoras.
- B= Anaqueles de Carretes Terminados.
- C= Anaqueles de Carretes Revisados.
- D= Recipiente de Control de Desperdicios.

Figura # 25.

En contraste a un diagrama del Proceso del Produc
to, este tipo de diagramas tiene solamente tres -
columnas básicas: Distancia, Símbolo y Explica--
ción o Descripción. Algunas veces es de utilidad
adicionar una cuarta columna para el tiempo. El
analista procede a registrar cada paso subsecuen-
te sobre una nueva línea de la Tabla de Registro,
hasta completar el ciclo. Debemos observar que -
el analista escoge el lugar para separar el traba-
jo hecho entre los movimientos de los diferentes
pasos, sin perder de vista que alguno de ellos -
posteriormente podría ser eliminado, combinado o
reacomodado. Esto es muy satisfactorio, pero el
analista debe ser cuidadoso de utilizar el mismo
grado de detalle cuando realice los diagramas, de
tal forma que estos sean comparables, pues en al-
gunos casos se indican ahorros falsos, obtenidos
por un cambio en el detalle del diagrama. Un dia-
grama de flujo para el hombre como el mostrado en
la figura 25, es usualmente un anexo muy útil al
diagrama.

El tercer paso del método científico es la críti-
ca, la cual es llevada a cabo con el auxilio de -
las respuestas de una lista de preguntas para el
Análisis del Diagrama del Proceso del Hombre dado.
Cada paso del proceso original del Análisis del -

Diagrama del Proceso del Hombre debe ser checado con los principios y las preguntas aplicables.

La lista de preguntas para el Análisis del Diagrama del Proceso del Hombre, se apoya en los principios básicos siguientes:

- A. Eliminar todos los pasos posibles.
- B. Combinar pasos.
- C. Acortar los pasos.
- D. Mejorar la secuencia de los pasos.
- E. Hacer cada paso tan económico como sea posible.

De acuerdo al objetivo de los principios señalados anteriormente, se pueden formular las siguientes preguntas:

- 1. ¿Puede alguna operación ser eliminada, combinada, acortada o hecha más fácil?
 - a. Como innecesaria.
 - b. Cambiando el orden de trabajo.
 - c. Por equipo nuevo o diferente.
 - d. Cambiando la distribución de planta; agrupando mejor el equipo.
 - e. Cambiando la forma del producto que se enviará fuera.
 - f. Por más conocimientos de la tarea por parte del trabajador.

2. ¿Puede algún movimiento ser eliminado, combinado, acortado o realizado más fácilmente?
 - a. Dejando de hacer operaciones.
 - b. Cambiando los lugares donde las cosas son conservadas.
 - c. Turnando algunas operaciones a otra área en donde éstas se adapten más convenientemente.
 - d. Cambiando la distribución de planta.
 - e. Cambiando el equipo.
 - f. Cambiando el orden del trabajo.
 - g. Usando transportadores.

3. ¿Pueden las demoras ser eliminadas, combinadas o acortadas?
 - a. Cambiando el orden de trabajo.
 - b. Cambiando la distribución de planta.
 - c. Por equipo nuevo o diferente.

4. ¿Pueden los conteos o inspecciones ser eliminados, combinados, acortados o hechos más fáciles?
 - a. ¿Son realmente necesarios?, ¿Qué pasa después de que son hechos y se obtiene la información?
 - b. ¿Proporcionan una duplicación innecesaria?

- c. ¿Pueden ser realizados más convenientemente por otra persona?
 - d. ¿Están hechos en el punto más adecuado de la secuencia?
 - e. ¿Puede ser usado una inspección de muestreo o un control estadístico?
5. ¿Puede algún paso ser más económico?
- a. Cambiando el orden de trabajo.
 - b. Por equipo nuevo y/o diferente.
 - c. Cambiando la distribución de planta.

Aplicando estas preguntas a nuestro ejemplo, observamos que las que tienen más valor son las preguntas: 1a, 2b y 2c.

El cuarto paso de nuestro procedimiento científico, es la innovación y el cual es realizado por medio de la preparación de un método propuesto, basado en las sugerencias obtenidas en el paso tres. Para nuestro ejemplo, a continuación se da el método propuesto para el diagrama del proceso del hombre junto con el diagrama del flujo del hombre (Fig. 26); al final del primero se indica el sumario, en donde se observa que el trabajo fué reducido considerablemente, estos ahorros podrían ser

usados para darle al inspector más máquinas para
chechar sin aumentar su esfuerzo o para hacer más
chequeos por máquina, o para hacer una inspección
más profunda, o alguna otra mejora respecto a su
trabajo aprovechando el nuevo tiempo disponible
(ver diagrama No. 2 y nuevo diagrama de flujo Fig.
26).

Tipo de Tabla ANALISIS DEL DIAGRAMA DEL PROCESO DEL HOMBRE.

Método PROPUESTO Máquina No. SECCION D

Operación INSPECCION EN EL TRENZADO. Operación No. _____

Parte No. _____

Nombre de la Parte SEDA NEGRA Registrado por G. BALBIN

Operador E. CASTILLO Fecha AGOSTO 24

DISTANCIA (mts)	SIMBOLO	DESCRIPCION
6.5 (prom.)	○	Al siguiente carrete terminado.
	○	Tomar carrete.
	○	Poner carrete sobre el banco de trabajo.
	○	Desenrollar, cortar y tomar muestra.
	○	Tirar pedazo cortado en el recipiente que está junto al banco.
	◇	Diametro externo con microméetro.
1.5 (prom.)	○	Banco al anaquel de carretes revisados.
	○	Recoger el carrete.
	○	Dejar carrete.

SUMARIO:

PROPUESTO ORIGINAL AHORRO

○ 6 7 1

□ 0 0 0

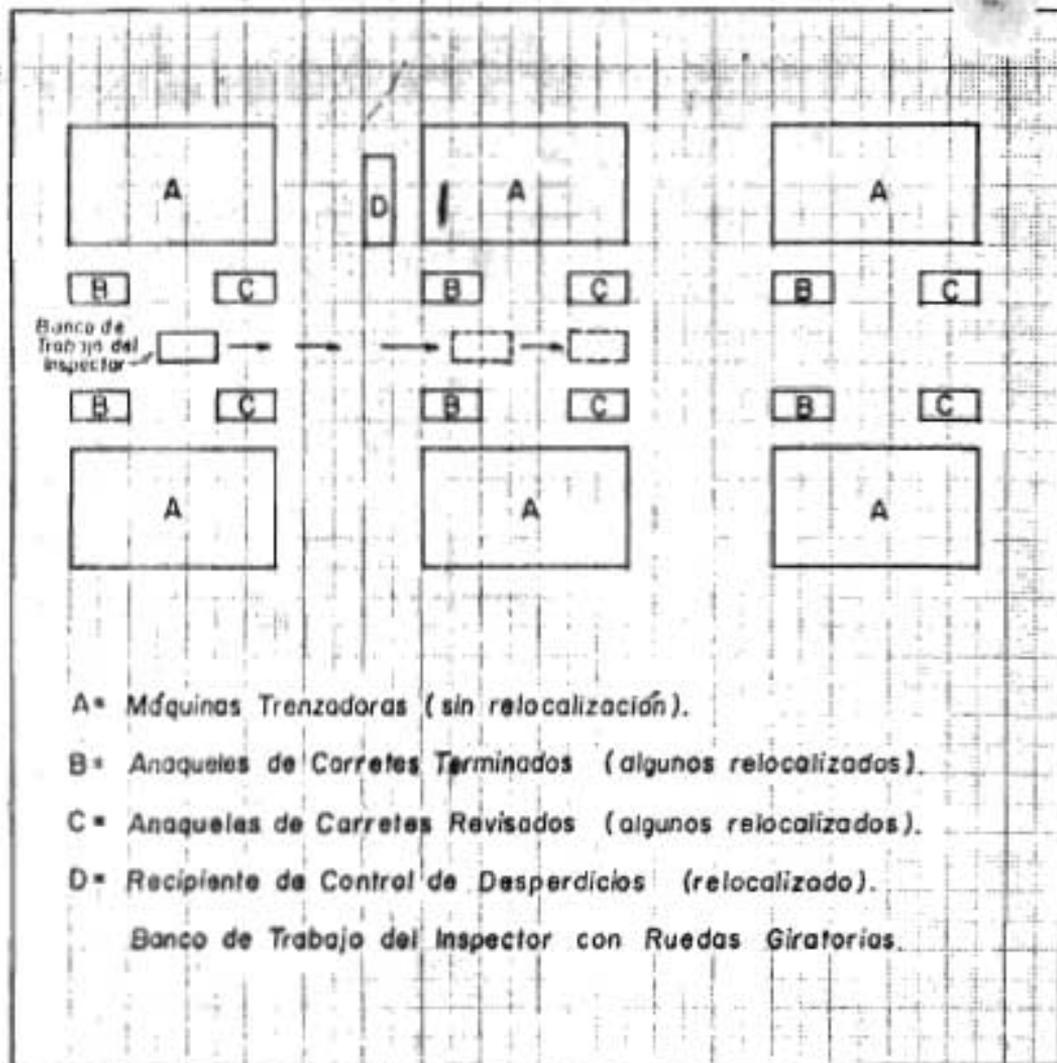
◇ 1 1 0

○ 2 5 3

▽ 0 0 0

DISTANCIA (prom.) 8.0 mt. 31.5 mt. 23.5 mt.

Boceto del Diagrama de Flujo del Método Propuesto del Hombre para la Inspección del Trenzado de Seda Negra.



- A* Máquinas Trenzadoras (sin relocalización).
- B* Anaqueles de Carretes Terminados (algunos relocalizados).
- C* Anaqueles de Carretes Revisados (algunos relocalizados).
- D* Recipiente de Control de Desperdicios (relocalizado).

Banco de Trabajo del Inspector con Ruedas Giratorias.

Figura # 26.

El quinto paso consiste en probar (en teoría) el método, lo cual es realizado por medio de reche-car el método propuesto contra la lista de pregun-tas para asegurarnos de que este método es el mejor que se puede obtener. A continuación se dan las respuestas de las preguntas 1a, 2b y 2c, las cuales fueron las de más valor en nuestro estudio:

- 1a. Evitar el corte de seda negra innecesario, - el cual no ayuda en la operación.
- 2b. Poner el recipiente de desperdicios más cerca del inspector de tal forma que se integre al banco de trabajo de éste, para evitar un viaje extra con cada pieza de la muestra.
- 2c. Hacer que el banco de trabajo del inspector sea manuable, lo cual se puede hacer poniéndole ruedas al banco.

El paso número seis será la prueba física del método propuesto, aclarando que es necesario que la persona que realiza este método lo estudie bien - para que le sirva de entrenamiento. Después de - un razonable período de conocimiento de este nuevo método, se hizo un estudio de tiempo para evaluarlo, con lo que se encontró que el método propuesto toma solamente el 52% del tiempo del método original.

El séptimo paso del procedimiento lógico consiste en registrar el método en una forma, para que sea el método vigente hasta la siguiente mejora.

Un buen analista siempre debe hacer reconocimientos periódicos con el fin de buscar mejoras, lo cual siempre aporta resultados positivos.

2.2.3 Diagramas de Operación

En la mayoría de los procesos de las fábricas, nos encontramos tareas en las cuales una persona permanece en una estación de trabajo; en realidad cada ciclo de los que hemos estudiado indica situaciones de este tipo y en muchos casos, son de tal importancia que es absolutamente necesario invertir tiempo, para garantizar un mejor aprovechamiento del personal. En la mayoría de los casos, la mejora es el resultado de un cambio tipo 1 ó 2, aún cuando también los cambios de tipo, de más alto nivel, pueden incluirse. Los cambios tipo 1 ó 2 tienen la ventaja de que solamente afectan la tarea que se está analizando y pueden ser llevados a cabo sin modificar otros aspectos del trabajo, con lo que los cambios pueden alcanzarse más rápidamente.

Cuando el objetivo de un problema de métodos de trabajo involucra una sola estación y se ha establecido que lo más conveniente es un cambio tipo 1 ó 2, el segundo paso del procedimiento lógico es el análisis; y el Diagrama de Operaciones es la herramienta más adecuada para llevarlo a cabo, ya que es un medio gráfico para representar los pasos definidos que realizan los miembros del cuerpo de una persona, cuando ésta realiza su tra

bajo y el cual es efectuado esencialmente en una localidad; o sea, que el Diagrama de Operación es un modelo esquemático.

Un Diagrama de Operación es un análisis del trabajo realizado por una persona en cualquier operación de un Diagrama de Proceso, ya sea del hombre, del producto o combinado y es una descripción de que es lo que hace la persona. Este tipo de diagramas es para trabajos individuales (no cuadrillas de trabajo) y donde el trabajo de las máquinas - si éstas son requeridas - no son el principal factor controlante.

Los Diagramas de Operación son una de las técnicas más útiles en el Estudio de Tiempos y Movimientos, ya que no requieren equipo y los resultados que se obtienen son de gran valor, además de que no es necesario gastar mucho tiempo para efectuarlos y los resultados obtenidos son de aplicación inmediata.

Los Diagramas de Operación usualmente señalan, la separación en pasos del trabajo realizado por cada uno de los miembros del cuerpo, involucrados en la tarea y por lo regular estos son la mano derecha y la izquierda. Cuando los pies o los ojos son factores importantes, también se representan. Este tipo de diagramas muestran no solamente la secuencia realizada por cada miembro del cuerpo -

representado, sino que también indican relaciones con los otros miembros mientras se efectúa el trabajo.

Este diagrama no indica tiempos o tiempos relativos para los diferentes pasos.

Los pasos en los cuales el trabajo es comúnmente dividido y los símbolos con que se representan, son dados en la siguiente tabla:

SÍMBOLOS PARA DIAGRAMAS DE OPERACION

<u>SÍMBOLO</u>	<u>SÍMBOLO A.S.M.E.</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>USADO PARA REPRESENTAR</u>
		Sub-operación	Un miembro del cuerpo haciendo algo en un lugar.
		Movimiento	Movimiento de un miembro del cuerpo hacia un objeto o cambiando la localización de un objeto.
		Sostener	Un miembro del cuerpo mantiene un objeto en una posición fija, con lo que el trabajo puede ser hecho con o en él y en ese lugar.
		Demora	Un miembro del cuerpo está ocioso.

Los símbolos son similares a los usados en los Diagramas de Proceso y la diferencia consiste en la aplicación, ya que los símbolos son utilizados

para representar diferentes pasos.

Un Diagrama de Operación es fácilmente elaborado a partir de la observación directa de la tarea, y cuando la tarea aún no se ha realizado, el diagrama puede ser usado para fijar el método a utilizar. En ambos casos, el analista debe familiarizarse con el ciclo del trabajo, es decir, debe conocer todos los movimientos necesarios que se realizan, desde que llega la unidad, hasta que a ésta se le completan todos los movimientos de la operación. En la mayoría de los casos, lo más o conveniente es considerar el inicio del ciclo con el primer movimiento que se le atribuye a la unidad que se recibe y terminar con el último movimiento que se le da a la unidad; esto nos facilita más la comprensión del diagrama, que si éste o se iniciara y terminara en la mitad del trabajo o que se realiza a la unidad.

Al igual que en los diagramas de proceso del hombre, aquí también encontramos cuatro tipos de trabajos, los cuales tienen las siguientes caracteorísticas:

1. El trabajo tiene un solo ciclo repetitivo.
2. El trabajo es cíclico, pero hay varios subo ciclos realizados con diferente frecuencia.

3. El trabajo varía de ciclo a ciclo.
4. El trabajo no tiene un ciclo regular.

El método para manejar estos diferentes trabajos es similar al procedimiento usado en los Diagramas de Proceso del Hombre, excepto porque el trabajo de un miembro del cuerpo es estudiado individualmente, en vez de estudiar al trabajador como un todo.

Con el fin de comprender mejor este tipo de diagramas, procederemos a analizar un ejemplo:

Ejemplo: Línea de acondicionamiento para productos farmacéuticos.- En esta línea se acondiciona el producto en su empaque final junto con una cuchara que requiere.

Se sugiere un cambio tipo 1 ó 2 como de seable, además que la tarea es realizada en una estación de trabajo, por lo que el analista seleccionó un Diagrama de Operación como la técnica de análisis del hombre más adecuada.

El analista después de familiarizarse con el ciclo seleccionó la mano más ocupada, en este caso la derecha, y la registró identificándola con los diferentes pasos de la tabla de símbolos dada

en el inicio de este sub-tema, en una forma como la mostrada en el Diagrama 1. Se continuó en el análisis para el ciclo completo de esa mano y similarmente se procedió para la otra mano y finalmente se revisó el diagrama, para que exista la simultaneidad correcta; esto es, ver que lo que aparesca en un mismo renglón del diagrama, suceda al mismo tiempo (algunas veces son necesarias las correcciones para que el diagrama quede claro).

Al final del diagrama se hizo un resumen del número total de símbolos de cada tipo para indicar de una forma burda el grado de efectividad del método y para comparación con otras alternativas del método (ver Diagrama No. 1).

Tipo de Tabla DIAGRAMA DE OPERACION

Método ORIGINAL Máquina No. _____

Operación EMPAQUE FINAL Operación No. _____

Nombre de la Parte JARABE INFANTIL Registrado por A. Vargas

Operador _____ Fecha Abril 24

CANTIDAD	DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	SIMBOLOS		DESCRIPCION MANO DERECHA	
	A tomar caja plegada	◊	◊	A dejar caja con producto	
	Coger caja plegada	○	○	Soltar caja con producto sobre la banda.	
Una pieza 20 veces	Acercar al frente caja plegada.	◊	◊	Encontrar mano izquierda.	
	Amar caja cerrando unicamente la tapa inferior.	○	○	Amar caja cerrando unicamente la tapa inferior.	
	Sostener caja	◊	◊	A tomar frasco	
			○	Coger frasco	
			◊	A tomar cuchara.	
			○	Coger cuchara.	
			◊	A encontrar caja.	
			○	Meter frasco y cuchara a la caja.	
		Cerrar tapa superior de la caja.	○	○	Cerrar tapa superior de la caja.
	1/20 piezas una vez	A tomar frascos de la banda.	◊	◊	A tomar frascos.
Coger frascos.		○	○	Coger frascos.	
Transferir frascos de la banda al banco.		◊	◊	Transferir frascos de la banda al banco.	
Dejar frascos en el banco.		○	○	Dejar frascos en el banco.	

Tipo de Tabla DIAGRAMA DE OPERACION

Método ORIGINAL

Máquina No. _____

Operación EMPAQUE FINAL

Operación No. _____

Parte No. _____

Nombre de la Parte JARABE INFANTIL

Registrado por A. Vargas

Operador _____

Fecha Abril 24

RESUMEN POR PIEZA:

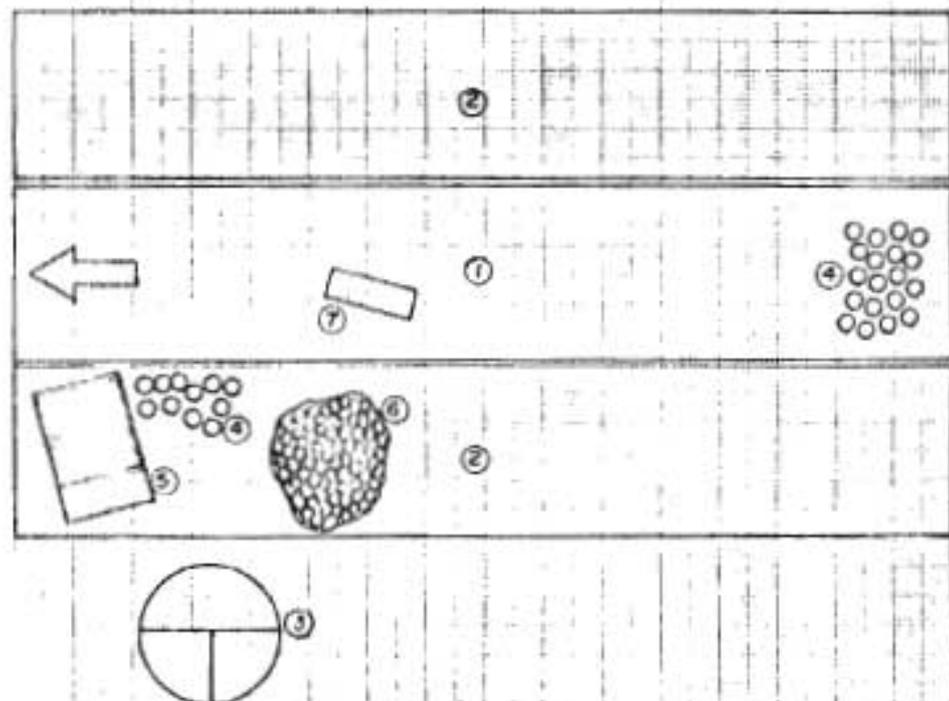
	M.I.	M.D.	AMBAS
○	3.1	6.1	9.2
◻	2.1	5.1	7.2
D	6	0	6.0

Obsérvese que el paso de "sostener" en la mano izquierda se extiende durante varias actividades de la mano derecha, con lo que este paso se contabiliza como si fuera repetido en cada línea. Estas figuras cuantitativas deben ser usadas con cuidado, ya que los pasos raramente tienen el mismo valor en tiempo.

El analista también debe de hacer un boceto de la distribución del área de trabajo, como el mostrado en la Figura 27, ya que resulta de mucha utilidad junto con el Diagrama de Operación.

Distribución de Materiales

METODO ORIGINAL



- (1) Banda Transportadora
- (2) Mesa de Trabajo
- (3) Trabajador.
- (4) Frascos con Producto.
- (5) Cajas Plegadas
- (6) Bolsa con Cucharas
- (7) Producto Terminado

FIGURA No. 27.

El método general para mejorar una tarea es similar al visto en el análisis del hombre, ya que también en este caso, existe una lista de preguntas, las cuales es necesario contestar.

Los principios básicos que dan lugar a la lista de preguntas son las siguientes:

- A. Reducir el número de pasos al mínimo.
- B. Arreglar los pasos en un mejor orden.
- C. Combinar los pasos que son factibles.
- D. Hacer cada paso tan fácil como sea posible.
- E. Balancear el trabajo de las manos.
- F. Evitar el uso de las manos para sostener.
- G. El área de trabajo debe apegarse a las dimensiones humanas (ver sub-tema 2.1.4, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo).

En base a estos principios se pueden formular las siguientes preguntas:

- 1. ¿Puede una sub-operación ser eliminada?
 - a. Como innecesaria.
 - b. Por un cambio en el orden del trabajo.
 - c. Por un cambio en las herramientas o el equipo.
 - d. Por un cambio en la distribución del lugar de trabajo.
 - e. Por combinar herramientas.

- f. Por un pequeño cambio en el material.
 - g. Por un pequeño cambio en el producto.
2. ¿Puede un movimiento ser eliminado?
- a. Como innecesario.
 - b. Por un cambio en el orden del trabajo.
 - c. Por combinar herramientas.
 - d. Por un cambio de herramientas o equipo.
3. ¿Puede una operación de sostener ser eliminada?
- a. Como innecesaria.
 - b. Por un aditamento simple.
4. ¿Puede una demora ser eliminada o acortada?
- a. Como innecesaria.
 - b. Por un cambio en el trabajo que cada miembro del cuerpo realiza.
 - c. Por un balance del trabajo entre los miembros del cuerpo.
 - d. Por trabajar en dos productos simultáneamente (se puede obtener un poco menos del doble de la producción si el trabajo lo hace una persona calificada).
 - e. Por alterar el trabajo (cada mano haciendo el mismo trabajo pero defasada).

5. ¿Puede una sub-operación ser hecha más fácilmente?
- a. Por mejores herramientas (las agarraderas o mangos deben permitir un contacto máximo con la mano y no deben tener aristas o filos agudos en donde se aplique fuerza).
 - b. Por cambio de posición de los controles o herramientas.
 - c. Por uso de la inercia donde sea posible.
 - d. Por disminución de requerimientos visuales.
 - e. Por mejor altura (sobre el piso) del lugar de trabajo (mantener la altura del lugar de trabajo, abajo de los codos).
6. ¿Puede un movimiento ser hecho más fácil?
- a. Por un cambio en la distribución y acortando las distancias (poner las herramientas y equipo lo más cerca que sea posible del lugar de trabajo).
 - b. Por un cambio en la dirección de los movimientos (el ángulo óptimo del lugar de trabajo para luces indicadoras, interruptores y perillas es aproximadamente 30° entre 0° y 45° del plano perpendicular al

- plano frontal del cuerpo del operador).
- c. Por el uso de diferentes partes del cuerpo.- A continuación se da el orden, de qué partes se deben procurar usar primero:
 - i) Dedos (no deseable para cargas constantes o movimientos altamente repetitivos).
 - ii) Muñeca.
 - iii) Antebrazo.
 - iv) Brazo.
 - d. Por hacer movimientos continuos.
7. ¿Puede una Operación de Sostener ser hecha más fácil?
- a. Por acortamiento en su duración.
 - b. Por el uso de un grupo de músculos más fuertes.
 - c. Por el uso de un aditamento.

La aplicación de esta lista de preguntas a nuestro ejemplo del acondicionamiento final de un producto farmacéutico, da como resultado un diagrama - propuesto y el cual incluye algunas mejoras, con respecto al método original y en la Figura 28 se observa la nueva distribución del lugar del trabajo (ver diagrama 2, Figura 28).

Método PROPUESTO Máquina No. _____

Operación EMPAQUE FINAL Operación No. _____

Parte No. _____

Nombre de la Parte JARABE INFANTIL Registrado por A. Vargas

Operador _____ Fecha Abril 25

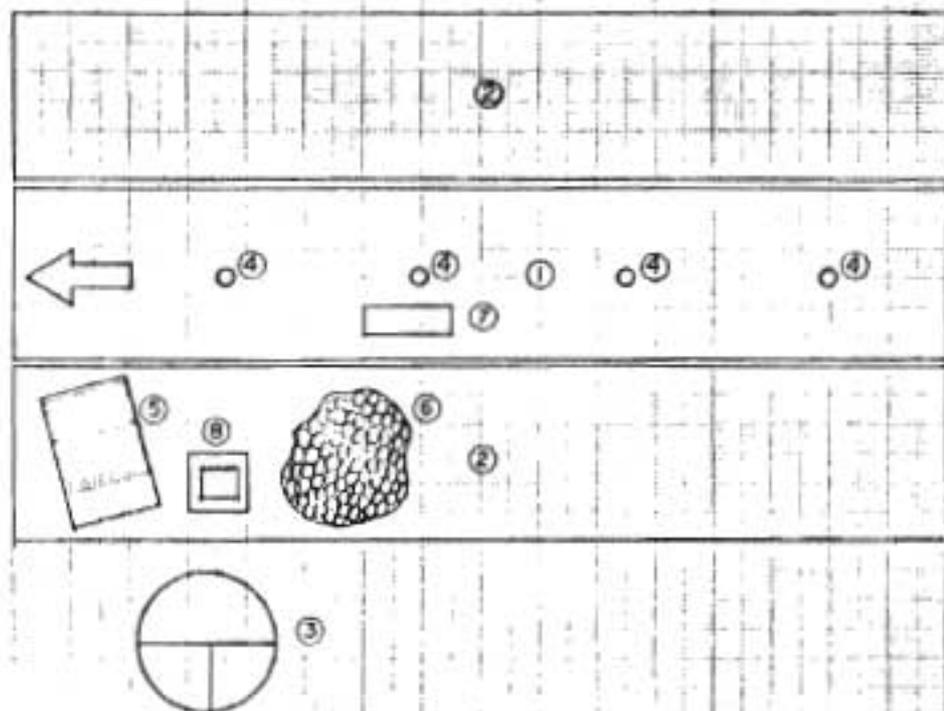
CANTIDAD	DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	SIMBOLOS	DESCRIPCION MANO DERECHA	
	A tomar caja plegada	◊	◊	A dejar caja con producto.
	Coger caja plegada.	○	○	Soltar caja con producto sobre la banda.
	Acercar al frente caja plegada.	◊	◊	Encontrar mano izquierda.
	Amar caja cerrando únicamente la tapa inferior.	○	○	Amar caja cerrando únicamente la tapa inferior.
Una Pieza	A tomar frasco de la banda.	◊	○	Dejar caja en el soporte.
	Coger frasco de la banda.	○	◊	A tomar cuchara.
	A la caja en el soporte.	◊	○	Coger cuchara.
	Meter frasco en la caja.	○	◊	A la caja en el soporte.
	Coger caja.	○	○	Meter cuchara a la caja.
	Cerrar tapa superior de la caja.	○	○	Cerrar tapa superior de la caja.

SUMARIO/PIEZA

	METODO ORIGINAL			METODO PROPUESTO			AHOROS
	M.I.	M.D.	AMIAS	M.I.	M.D.	AMIAS	
○	3.1	6.1	9.2	6	6	12	-2.8
◊	2.1	5.1	7.2	4	4	8	-0.8
D	6.0	0	6.0	0	0	0	6.0
TOTAL	11.2	11.2	22.4	10	10	20	2.4

Distribución de Materiales

METODO PROPUESTO



- ① Banda Transportadora.
- ② Mesa de Trabajo.
- ③ Trabajador.
- ④ Frascos con Producto.
- ⑤ Cajas Plegadas.
- ⑥ Balsa con Cucharas.
- ⑦ Producto Terminado.
- ⑧ Soporte para Cajas.

FIGURA No. 28

Este método fué probado teóricamente por medio de un chequeo con la lista de preguntas y por una discusión con el supervisor de la línea, lo que condujo a una prueba física y con lo que se logró su estandarización. Con la aplicación de este método se obtuvo un aumento de aproximadamente el 50% en la producción.

El método original fué modificado al darle al operador un soporte para sostener la caja del producto, con lo cual se evita que la mano izquierda esté sosteniendo la caja mientras es llenada y con el cambio y mejor coordinación de las operaciones efectuadas, ya que en lugar de tomar 20 frascos (aproximadamente) de la línea, con el nuevo método toma sólo uno cada vez que inicia su ciclo, con lo que además su lugar de trabajo está más despejado y evita el amontonamiento de frascos, dándole más libertad de movimiento.

2.2.4 Análisis de Actividad Múltiple - Diagramas Hombre - Máquina.

La actividad múltiple se refiere a los casos en donde un hombre trabaja con una o más máquinas, o donde un grupo de hombres trabajan coordinadamente con o sin máquinas.

El elemento esencial de similitud en estos casos, es el requerimiento de que cualquier análisis debe mostrar no solamente la secuencia de los pasos sobre los dos aspectos diagramados, sino también la simultaneidad relativa de los pasos de cada uno. Los análisis de actividad múltiple son requeridos cuando el objetivo del estudio, sea diseñar una operación o para hacer un cambio tipo 1 ó 2, así como cuando se requiere un análisis que muestre en el diagrama la simultaneidad relativa de dos o más aspectos, para una completa comprensión de la tarea.

Al igual que las técnicas ya mencionadas, este es un recurso para auxiliar la realización de los pasos del procedimiento lógico.

Los diagramas Hombre-Máquina son medios gráficos para representar los pasos separables del trabajo realizado por un hombre y una o más máquinas y la relación entre el trabajo de cada parte.

Estos diagramas son comunmente usados cuando los

cambios, en las relaciones entre el hombre y la máquina modifiquen la productividad.

Un tipo simple de diagrama entre hombre y máquina es el llamado Diagrama de Operación Hombre - máquina, que con frecuencia es utilizado para analizar el trabajo de un operador y una máquina, - cuando el trabajo del operador es efectuado en - un solo lugar. Esto es hecho casi en la misma - forma que un diagrama de operación, excepto por - que se adiciona una columna para la máquina; en esta tercer columna la actividad de la máquina - es clasificada en una de dos categorías; de aquí que dos símbolos son usados para la columna de - la máquina: el símbolo para sub-operación cuando la máquina está trabajando, y el símbolo para demora cuando ésta se encuentra ociosa.

El diagrama hombre-máquina es usualmente efectuado para determinar el mejor uso de la máquina o del hombre, sin embargo el aspecto en la seguridad es también un objetivo. El diagrama ayuda - en la determinación de las formas más efectivas de armonizar el trabajo del individuo con la máquina, también podría ser utilizado para indicar como la máquina podría alterarse para armonizarla con la persona. Si esta técnica es empleada - antes de la terminación del diseño de la máquina,

se pueden tomar en cuenta los requerimientos del operador, con lo que la máquina cumpliría con el aspecto de uso humano, como con su función mecánica.

Al igual que en las técnicas anteriores, consideramos que este tipo de diagramas será mejor entendido por medio de un ejemplo, con el cual se mostrará como fué usada la técnica del análisis para ayudar en el desarrollo de cambios en el ciclo de trabajo del hombre, para mejorar la producción, por lo que se requirió hacer un cambio tipo 1.

Ejemplo: Análisis de la operación de la Máquina para pulir canicas de plástico.-

Las canicas que se mencionan son las que llevan algunos cosméticos para su aplicación, esta canica va en una base la cual se ensambla a la botella, esta presentación comunmente es conocida como "Bolita Mágica" o "Roll-on".

El proceso de fabricación de estas canicas, consiste en moldear las piezas en la forma tradicional y eliminar las rebabas originadas por la unión de moldes y darles un diámetro definido por medio de la máquina pulidora, que con-

siste en un tambor inclinado que está girando y que contiene un polvo abrasivo.

Los movimientos que se realizan para esta operación son mostrados en el Diagrama # 1, donde se registraron las actividades de la máquina y de la mano derecha e izquierda del operador; este registro es de tal forma que en cualquier renglón del diagrama muestra acciones simultáneas de las tres columnas. Este diagrama fue realizado a la manera usual en que se hace un diagrama de operación y posteriormente se le adicionó la columna de la máquina.

Tipo de Tablo DIAGRAMA DE OPERACION HOMBRE-MAQUINA
 Método ORIGINAL Máquina No. PULIDORA
 Operación PULIDO Operación No. _____
 Nombre de la Parte CANICA Registrado por E.T.
 Operador C. PEREZ Fecha JUNIO 21

DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	SÍMBOLOS	DESCRIPCION MANO DERECHA	PULIDORA
A caja con canicas sin pulir.	◊ ◊	A control de alimentación.	▽
Recoger canicas.	○ ○	Coger control.	
A la pulidora	◊ ▽	En el control.	
Colocar canicas en pulidora.	○ ▽	Iniciar el pulido.	
	▽ ○	Durante el pulido.	○
	○ ○	Terminar pulido.	
A las canicas pulidas.	◊ ○	Soltar control.	▽
Tomar canicas pulidas.	○ ○	Al calibreador.	
Para medir diámetro de canica.	○ ○	Tomar calibreador.	
	○ ◊	A las canicas.	
	○ ○	Medir diámetro.	
A la caja con canicas terminadas.	◊ ◊	A dejar calibreador.	
Dejar canicas en la caja.	○ ○	Colocar calibreador en el banco.	

SUMARIO:

	MANO IZQUIERDA	MANO DERECHA	AMBAS MANOS	MAQUINA
○	4	7	11	2
◊	4	4	8	-
○	3	0	3	-
▽	3	3	6	12

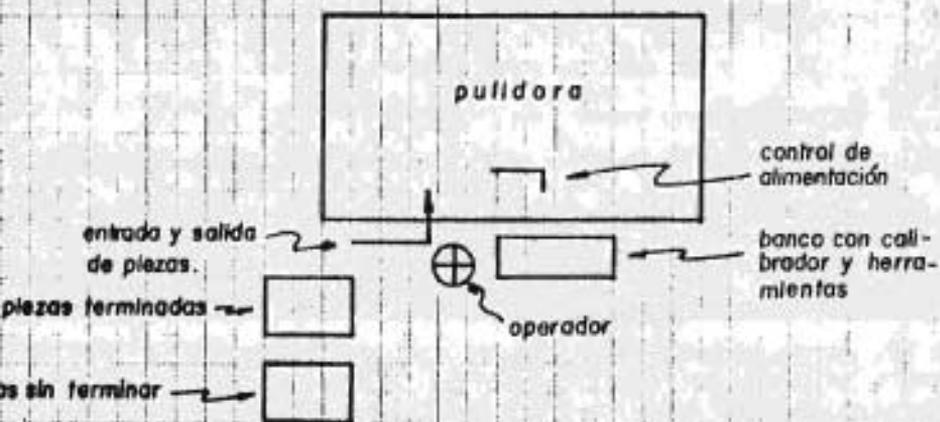


FIGURA No. 29

La longitud del diagrama con este tipo de análisis no es proporcional al tiempo requerido para efectuar el trabajo.

Al igual que los análisis que se han hecho en los subtemas anteriores, aquí también es de mucha utilidad tener un boceto de la distribución del área de trabajo y la cual para este ejemplo se muestra en la Figura No. 29.

El siguiente paso en este tipo de análisis es la crítica y la cual se efectúa respondiendo a una lista de preguntas como la siguiente.

Esta lista se fundamenta en los siguientes principios básicos:

- A. Eliminar pasos.
- B. Combinar pasos.
- C. Rearreglar los pasos en una mejor forma.
- D. Hacer cada paso tan fácil como sea posible.
- E. Aumentar al máximo el tiempo de operación de la máquina.
- F. Reducir a un mínimo la carga y descarga de la máquina.
- G. Aumentar a un límite económico la velocidad de la máquina.

Las preguntas resultantes son:

- 1. ¿Puede una sub-operación ser eliminada?
 - a. Como innecesaria.

- b. Por un cambio en el orden del trabajo.
 - c. Por un cambio de herramientas o equipo.
 - d. Por un cambio en la distribución de lugar de trabajo.
 - e. Por combinar herramientas.
 - f. Por un cambio ligero del material.
 - g. Por un cambio ligero en el producto.
2. ¿Puede un movimiento ser eliminado?
- a. Como innecesario.
 - b. Por un cambio en el orden de trabajo.
 - c. Por cambiar herramientas.
 - d. Por un cambio de herramientas o equipo.
 - e. Por un dispositivo para la salida del material terminado.
3. ¿Puede una acción de sostener, ser eliminada? (esta acción causa fatiga).
- a. Como innecesaria.
 - b. Por un dispositivo simple.
4. ¿Puede una demora ser eliminada o acortada?
- a. Como innecesaria.
 - b. Por un cambio en el trabajo que hace cada miembro del cuerpo.
 - c. Por un balance del trabajo entre los miembros

bros del cuerpo.

- d. Por trabajar simultaneamente en dos productos.
- e. Por alterar el trabajo y en donde cada mano hace el mismo trabajo, pero defasada.

5. ¿Puede una sub-operación ser hecha más fácilmente?

- a. Por mejores herramientas.
- b. Por cambiar la posición de las herramientas o controles.
- c. Por mejores recipientes para los materiales.
- d. Por utilizar la inercia donde sea factible.
- e. Por disminución de los requerimientos visuales.
- f. Por mejores alturas en el lugar de trabajo.

6. ¿Puede un movimiento ser hecho más fácil?

- a. Por un cambio en la distribución y/o acortando distancias.
- b. Por un cambio en la dirección de los movimientos.

- c. Por usar diferentes miembros del cuerpo, usando el miembro del cuerpo más adecuado para el trabajo.
 - i) Dedos
 - ii) Muñeca
 - iii) Brazo
 - iv) Ante-brazo
 - v) Tronco
- d. Haciendo movimientos continuos, en vez de repentinos.

7. ¿Puede una acción de sostener ser hecha más fácilmente?

- a. Por acortamiento en su duración.
- b. Por usar miembros del cuerpo más fuertes, tales como piernas, usando sujetadores con pedal.

8. ¿Puede arreglarse el ciclo de tal forma que el trabajo manual sea efectuado durante el tiempo de operación de la máquina?

- a. Por alimentación automática.
- b. Por un abastecimiento automático del material.
- c. Por un sistema de paro automático de la máquina cuando se completa la operación

de ésta o cuando falla el material.

9. ¿Puede el tiempo máquina ser acortado?
- a. Por mejores herramientas.
 - b. Por combinar herramientas.
 - c. Por alimentadores más rápidos.

Las primeras siete preguntas de la lista son particularmente útiles en la aplicación de las actividades del hombre durante el tiempo que está parada la máquina, ya que cualquier reducción en el tiempo en que está parada la máquina, aumenta el porcentaje de tiempo que la máquina podría estar en operación. Debido a que los costos indirectos a menudo exceden los costos de mano de obra directa, obtener la mejor utilización de la máquina es una mejora de mucho valor.

En algunos casos el tiempo de operación de la máquina proporciona el descanso necesario al operador. Es importante hacer notar que el incremento de producción por la reducción del tiempo que esté parada la máquina a través de mejores movimientos de las manos y lo cual podría aumentar la cantidad de tiempo por día que el operador descansaría.

La aplicación de la lista de preguntas y la sin-

tesis de un nuevo método, abrió otras posibilidades para más producción. La producción fué aumentada en aproximadamente un 23%, el "cuello de botella" fué eliminado y la cantidad de gastos indirectos y mano de obra directa cargada a cada unidad de producto, fué disminuida por la implantación del diagrama propuesto para el Diagrama de Operación Hombre-Máquina (diagrama # 2) y la nueva distribución del lugar de trabajo Figura No. 30.

DIAGRAMA DE OPERACION HOMBRE-MAQUINA

Tipo de Tabla _____

Método PROPUESTO Máquina No. PULIDORA

Operación PULIDO Operación No. _____

_____ Parte No. _____

Nombre de la Parte CANICA Registrado por E.T.

Operador C. PEREZ Fecha JUNIO 22

DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	SIMBOLOS		DESCRIPCION MANO DERECHA	PULIDORA
A las canicas pulidas.	◇	◇	A canicas sin pulir.	▽
Coger canicas pulidas.	○	○	Coger canicas sin pulir.	
Para medir diámetro de la canica.	D	◇	A la pulidora.	
		○	Colocar canicas en la pulidora.	
		◇	A control de alimentación.	
		○	Iniciar pulido.	
		◇	Al calibrador.	○
		○	Coger calibrador.	
		◇	A las canicas pulidas.	
		○	Medir canicas.	
A la caja de canicas terminadas.	◇	◇	A dejar calibrador.	
Poner canicas en caja.	○	○	Dejar calibrador.	
	▽	◇	Al control de alimentación.	
		○	Coger palanca	
		○	Terminar pulido.	
		○	Soltar palanca.	▽

Tipo de Tabla DIAGRAMA DE OPERACION HOMBRE-MAQUINA
 Método PROPUESTO Máquina No. PULIDORA
 Operación PULIDO Operación No. _____
 Parte No. _____
 Nombre de la Parte CANICA Registrado por E.T.
 Operador C. PEREZ Fecha JUNIO 22

RESUMEN:

	METODO MEJORADO				METODO ORIGINAL	
	M. I.	M. D.	AMBAS	MAQUINA	AMBAS	MAQUINA
○	2	9	11	9	11	2
◇	2	7	9	-	8	-
□	8	0	8	-	3	-
▽	4	0	4	7	6	12
TOTAL	16	16	32	16	28	14

Los ahorros son debido a que toman lugar más pasos durante la operación de la máquina y menos pasos durante el tiempo que está sin operar ésta. Aunque, esto no puede ser claramente observado, ya que analizando el resumen, se encuentra que en el método propuesto, el operario tiene más actividades (32) en comparación con el método original (28) y lo cual aparentemente es una contradicción, sólo que no lo es así, ya que para comprender mejor los ahorros y la mejora del método, es necesario implicar la variable tiempo, por lo que será necesario utilizar otro tipo de diagrama y el cual será expuesto a continuación.



FIGURA No. 30

Se puede advertir que este diagrama (propuesto) indica solamente que este método será más rápido, ya que parte del pulido es realizado durante la operación de medir el diámetro de las canicas. Este tipo de diagramas no siempre permite estimar la magnitud de la mejora esperada, ya que el resumen, como el usado en los Diagramas de Operación, puede engañarnos a causa de que no hace posible una evaluación del efecto de tales cambios, como el cambio del sexto paso del método original, durante el cual ambas manos estuvieron ociosas por un tiempo considerable, los pasos adicionales al método mejorado son realizados en este intervalo, junto con varios de los pasos originalmente realizados mientras la máquina estuvo parada. Un análisis más profundo del diagrama nos mostrará que menos pasos son realizados cuando la máquina está ociosa, lo cual es una mejor medida del aprovechamiento del método, que de el número total de pasos.

Las canicas no podrían ser alimentadas automáticamente en la pulidora sin complicaciones considerables, debido a las rebabas que tienen éstas, lo cual nos impide el uso de tolvas de alimentación que harían factible la utilización continua de la máquina.

Una forma un poco diferente de diagrama, llamado Diagrama del Tiempo de la Operación Hombre-Máquina puede ser usado con gran ventaja en este tipo de problemas, y donde los valores de tiempo para los diferentes pasos en la operación son disponibles, tales diagramas facilitan enormemente la síntesis y evaluación de métodos propuestos.

Los valores de tiempo requeridos pueden ser obtenidos, sin un grado excesivo de exactitud por medio de un reloj o un cronómetro o cualquier otro método de tiempos sintetizados; dado que los valores de tiempo usados en estos diagramas son en principio para propósitos analíticos.

Un Diagrama Hombre-Máquina que indique gráficamente el tiempo para cada paso, requiere un nuevo tipo de símbolos; por lo que una columna vertical continua es usada en lugar de la columna de símbolos y esta columna es dividida en unidades de tiempo.

Dado que los símbolos geométricos no son convenientes por su tamaño, utilizaremos diferentes sombreados en la columna para indicar la naturaleza de cada paso en la operación. La longitud de cada área sombreada es usada para indicar el tiempo utilizado en cada paso. Las columnas se mantienen en la misma relación como en el primer

tipo de Diagrama Hombre-Máquina, excepto que la relación indicada es mucho más exacta.

Un sistema conveniente de símbolos para este tipo de diagramas es el que se da a continuación:

SÍMBOLOS PARA EL DIAGRAMA DE TIEMPOS PARA LA OPERACION HOMBRE-MÁQUINA

SÍMBOLO	NOMBRE	Con el Hombre la Actividad es usada para Representar:	Con la Máquina la Actividad es usada para Representar:
	Sub-operación	Un miembro del cuerpo o el operador haciendo algo en un lugar.	Máquina trabajando.
	Sub-operación	No se utiliza.	Máquina trabajando con su operador.
	Movimiento	Miembro del cuerpo o el operador moviéndose hacia o con un objeto.	No se utiliza.
	Sostener	Miembro del cuerpo manteniendo un objeto en una posición fija.	No se utiliza.
	Demora	Miembro del cuerpo o el operador está ocioso.	La máquina está ociosa.

Este tipo de diagramas continúan siendo modelos esquemáticos, solo que al introducir la escala del tiempo, se hace un modelo más completo. El efecto de cambiar los pasos de una columna a otra puede ser apreciado completamente y las con

secuencias determinadas más cuidadosamente; además una ventaja adicional de este método es que la actividad total del hombre y la máquina puede ser clasificada en tres categorías:

a) Trabajo independiente del hombre.-

Cuando el hombre está trabajando y su trabajo ni controla, ni es controlado por la máquina o cuando el hombre está ocioso y su ociosidad no controla la máquina.

b) Trabajo independiente de la máquina.-

Cuando la máquina está trabajando y no es controlada por el hombre.

c) Trabajo combinado.-

Cuando el hombre está operando la máquina, está cargando la máquina o cuando la máquina está esperando al hombre.

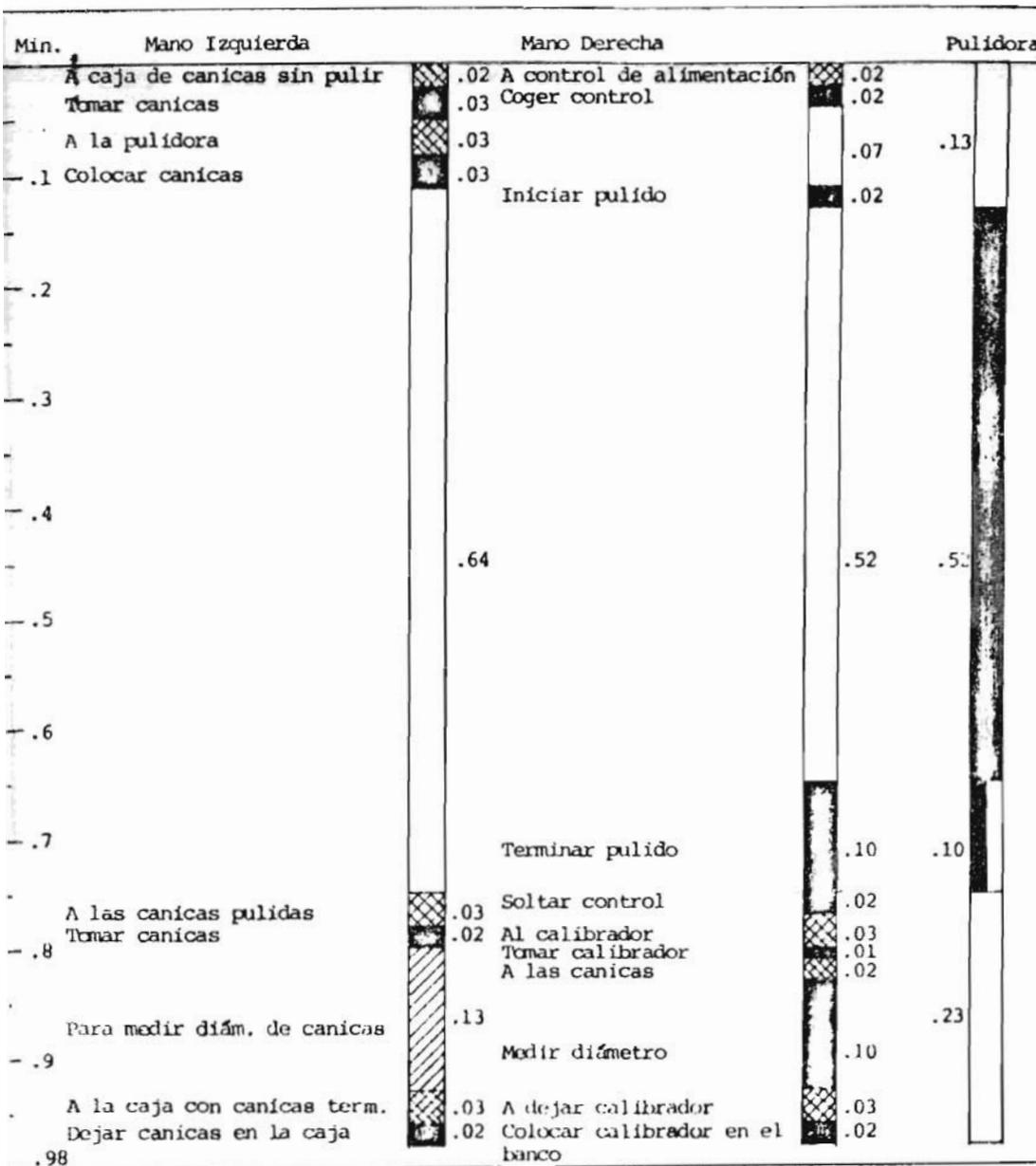
Estas tres categorías, la cuales pueden ser sobrepuestas en el diagrama de tiempo usual, nos sugiere en general que el trabajo combinado debe ser reducido a un mínimo para aproximar el tiempo del ciclo al mínimo, el trabajo independiente del hombre, más el trabajo combinado deben ser reducidos a un mínimo, para disminuir también la carga del trabajo del hombre. Así se pueden seguir haciendo las combinaciones para desarrollar ciclos de trabajo más efectivos.

Un diagrama de tiempo facilita el reacomodo y el balance de trabajo de las dos manos del hombre y la máquina, y nos permite una evaluación de los efectos probables del cambio. Junto con los costos de mano de obra, gastos indirectos, es posible hacer la determinación dentro de una veracidad razonable de la factibilidad económica de - efectuar un cambio antes de su aplicación.

Para el ejemplo que se analizó del pulido de canicas, el Diagrama del Tiempo de la Operación - Hombre-Máquina es mostrado en el diagrama No. 3 y el método mejorado en el diagrama No. 4.

El diagrama No. 3 fué construído después de encontrar los valores de tiempo para cada paso del diagrama No. 1. El diagrama No. 4 fué construído después de trabajar con el diagrama No. 3, la lista de preguntas y las sugerencias resultantes. Los valores de tiempo fueron tomados cuando era posible del diagrama original o fueron modificados juiciosamente cuando las condiciones predominantes de la etapa fueron cambiadas. Aunque los tiempos estándar para la realización no son - usualmente utilizados para estos diagramas, el - analista debe evitar hasta donde sea posible la inexactitud con objeto de obtener una evaluación económica del método sugerido.

Diagrama de Tiempo Operación un Hombre y una Máquina
 Método Original Máquina No. Pulidora
 Operación Pulido Operación No. _____
 Parte No. _____
 Nombre de la Parte Canicas Registrado por: E.T.
 Operador C. Pérez Fecha: Junio 21



Método <u>Propuesto</u>	Máquina No. <u>Pulidora</u>
Operación <u>Pulido</u>	Operación No. _____
Nombre de la Parte <u>Canicas</u>	Parte No. _____
Operador <u>C. Pérez</u>	Registrado por: <u>E.T.</u>
	Fecha: <u>Junio 22</u>

	Mano Izquierda		Mano Derecha		Pulidora
A caja de canicas pulidas	.03	A canicas sin pulir	.02		
Tomar canicas	.02	Coger canicas sin pulir	.03		
		A la pulidora	.03		.15
		Colocar canicas en la pulidora	.03		
		A control de alimentación	.02		
		Iniciar pulido	.02		
		Al calibrador	.02		
Para medir diám. de canicas	.25	Coger calibrador	.01		
		A las canicas pulidas	.02		
		Medir canicas	.10		
A la caja de canicas term.	.03	A dejar calibrador	.03		
Poner canicas en caja	.02	Dejar calibrador	.02		
					.52
	.44		.30		
		A control de alimentación	.02		
		Terminar pulido	.10		.10
		Soltar palanca	.02		.02

En algunos casos el diagrama de tiempo de la operación del Hombre-Máquina no nos aporta beneficio alguno, porque se requiere analizar el proceso, motivo por el cual los símbolos antes dados resultan sin valor, para este caso existe el diagrama de tiempo del proceso Hombre-Máquina y el cual se realiza igual que los mostrados en el ejemplo, con la única diferencia de que los símbolos tienen otras representaciones y las cuales se dan a continuación:

SÍMBOLOS PARA EL DIAGRAMA DE TIEMPO DEL PROCESO HOMBRE-MÁQUINA

<u>SÍMBOLO</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>Con el Hombre la Actividad es usada para Representar:</u>	<u>Con la Máquina la Actividad es usada para Representar:</u>
	Operación	Hacer algo en un lugar.	Máquina trabajando.
	Operación	No se utiliza.	Máquina trabajando con su operador.
	Determinación de cantidad.	Una forma especial de operación, involucrando a la persona que determina la cantidad presente de un objeto.	No se utiliza.
	Inspección	Una forma especial de operación involucrando una persona que compara un atributo del producto con un estándar o verificando la cantidad presente.	No se utiliza.



Movimiento

Un cambio de localización; moviendo se de un lugar a otro.

No se utiliza.



Demora

Ociosidad. Espera o movimiento, en donde este movimiento no es parte del trabajo y el tiempo podría ser gastado esperando.

La máquina está ociosa.

Existe un caso especial de actividad múltiple y este es cuando en lugar de tener un hombre y una o varias máquinas operando, tenemos varios hombres trabajando con una o varias máquinas, o sea una cuadrilla de trabajo.

El procedimiento es similar al que se utilizó anteriormente, sólo que en este caso se usa una columna para cada hombre y otra para la máquina.

Aclaremos que este tipo de situaciones es sumamente difícil encontrarlas en la industria química por la naturaleza de los procesos de ésta.

2.2.5 Diagramas de Micromovimientos y Memomovimientos

Cuando se utilizan los ojos, los oídos y las manos del hombre para registrar tiempos, se imponen severas restricciones con respecto al número de intervalos de información que deben ser tomados por unidad de tiempo, además de que ellos limitan los aspectos de una situación que debe ser mantenida bajo una observación simultánea y también ocasionan errores tanto de observación como de registro, por lo que existen muchas situaciones del estudio de métodos donde se requiere de un auxilio adicional para efectuar este registro y así obtener un análisis efectivo; tales situaciones son encontradas cuando: el análisis requiere de un estudio en detalle de todos los movimientos de un trabajo repetitivo, o la trayectoria de los movimientos en el trabajo, involucra un alto nivel de habilidad, o cuando las relaciones entre los miembros de la cuadrilla de trabajadores es grande y compleja.

Para los casos anteriores, se ha utilizado con mucho éxito aparatos auxiliares tanto electrónicos, como fotográficos que efectúan los registros. Estos auxiliares nos proporcionan los datos de los eventos con sus tiempos reales, además de que mantienen la información de tal forma que permite su

transcripción a otra forma, con el fin de efectuar el análisis.

Entre los equipos más utilizados tenemos:

1. Cámara de cine con dispositivo para medir tiempo.-
 - a) Cámara de alta velocidad.
 - b) Cámara de velocidad normal.
 - c) Cámara de velocidad lenta.
2. Grabadora de Video-tape.
3. Grabadora de sonido.
4. Cámaras especiales.-
 - a) Cámara ciclográfica.
 - b) Cámara cronociclográfica.

Además, por lo regular en las películas se hace uso de un micro-cronómetro; el cual es un reloj - cuyas manecillas giran a una velocidad más o menos de 20 rpm y en donde cada división de la caratula representa: 1/2000 de minuto (a esta unidad de tiempo se le conoce con el nombre de "wink"), este reloj se coloca en el campo visual de la cámara.

Los datos registrados en una película o en un video-tape pueden ser transcritos a una forma conveniente para su entendimiento, por cualquiera de las técnicas gráficas que se estudiaron anteriormente; sin embargo, puede ser preferible tomar -

cierta ventaja de este medio, con lo que se logrará una transcripción con más detalle y así obtener un mejor método de trabajo.

Básicamente, existen dos métodos de análisis utilizando película o video-tape; uno es el rompimiento detallado de los movimientos llamado análisis de micromovimientos y el otro es rompimiento en familias de movimientos llamado análisis de memomovimientos.

El análisis de micromovimientos con estudio de película o video-tape, se utiliza principalmente - en rutinas de trabajo con ciclo muy corto y en - los cuales se emplean principalmente movimientos de las manos; aunque también se llega a utilizar cuando participan en los movimientos otros miembros del cuerpo.

El análisis de memomovimientos se utilizan principalmente para estudiar los métodos de trabajo en cuadrillas de trabajadores que realizan su labor en grandes áreas de trabajo, como sería el caso - de una cuadrilla haciendo reparaciones en una calle, o también el flujo de materiales o la utilización de equipo móvil en grandes áreas. Para este tipo de estudios, la velocidad de la película es relativamente lenta, ya que ésta corre por lo general entre 60 y 100 cuadros/min. con lo que -

por ejemplo una hora de filmación se puede ver en unos 4 minutos.

Dadas las características de este tipo de análisis de métodos es difícil que se presenten en la industria química por lo que no será estudiado en este trabajo.

Análisis de Micromovimientos:

El rompimiento detallado de los movimientos requiere analizar las actividades de las manos clasificándolas en 17 categorías diferentes; estas categorías son llamadas "therbligs" (Gilbreth escrito al revés) y fueron identificadas por Frank B. Gilbreth quien después desarrolló la técnica del análisis con película. Estos 17 therbligs son comunes a toda actividad humana.

Dado que los therbligs pueden usarse en diferentes tipos de diagramas, se ha buscado que también tengan diferentes formas de representación, entre estas tenemos las abreviaturas, el color específico y el símbolo, siendo esta última representación muy poco usada.

A continuación se da la lista de los 17 therbligs:

CARACTERISTICAS GENERALES Y COLOR DEL GRUPO	THERBLIG	SIMBOLO	COLOR	NO. DE LAPIZ "EAGLE"	NO. DE LAPIZ "DIXON"
Therbligs Terminales. Rojo - Azul	Coger	G	Rojo Claro	744	369
	Poner en Posición	P	Azul	741	376
	Dejar en Posición	PP	Azul Cielo	740 1/2	418
	Utilizar	U	Morado	742 1/2	396
	Ensamblar	A	Violeta Oscuro	742	733
	Desensamblar	DA	Violeta Claro	742	422
	Dejar la Carga	RL	Rojo Carmín	745	383
Therbligs para movimien- tos. Verde	Transporte en vacío	TE	Verde Oliva	739 1/2	391
	Transporte con carga	TL	Verde	738	416
Therbligs para movimien- tos vacilantes. Gris - Negro	Buscar	SH	Negro	747	379
	Seleccionar	ST	Gris Claro	734 1/2	399
Therbligs para demoras. Amarillo - Naranja	Sostener	H	Ocre Dorado	733	388
	Demora Inevitable	UD	Amarillo Ocre	736	412
	Demora Evitable	AD	Amarillo Limón	735 1/2	374
	Descanso para superar fatiga	R	Naranja	737	372
Therbligs acompañados por la acción del pensamiento. Café	Planear	PN	Café	746	378
	Inspeccionar	I	Ocre Tostado	745 1/2	398

Las definiciones para cada uno de los therbliqs -
son las siguientes:

Coger (G).- Significa asir un objeto, cerrando -
los dedos a su alrededor; es un movimiento prepara-
torio para elevarlo, sostenerlo o manejarlo.

Comienza cuando la mano o los dedos entran en con-
tacto con el objeto y termina cuando la mano lo -
controla.

Poner en posición (P).- Consiste en girar o si-
tuar un objeto de forma que quede debidamente -
orientado para ajustar en el lugar que le corres-
ponde. Es posible poner en posición un objeto du-
rante el movimiento: transporte con carga. El -
therblig comienza cuando la mano empieza a girar
o situar el objeto y termina cuando el objeto ha
sido colocado en la posición o situación deseada.

Dejar en posición (PP).- Consiste en dejar un ob-
jeto en un sitio previamente determinado o situar
lo en la posición correcta para algún movimiento
posterior. Dejar en posición es lo mismo que po-
ner en posición, excepto en que el objeto queda -
colocado aproximadamente en la posición en que se
le necesitará después. Por lo general, se emplea
algún aditamento para sostener el objeto de forma
que permita cogerlo con facilidad en la posición

en que ha de ser utilizado. Dejar en posición es la expresión abreviada de dejar en posición para la siguiente operación.

Utilizar (U).- Consiste en manipular una herramienta, dispositivo o pieza de una máquina con el fin para el que fueron fabricados. Representa el movimiento para el cual han sido más o menos preparatorios los movimientos precedentes, y los siguientes son complementarios. Empieza cuando la mano comienza a manipular la herramienta o dispositivo y termina cuando la mano deja de hacerlo.

Ensamblar (A).- Consiste en colocar un objeto dentro o sobre otro, con el cual forma un todo. Comienza cuando la mano empieza a trasladar la pieza a su sitio en el ensamble y termina cuando la mano completa el ensamble.

Desensamblar (DA).- Significa separar un objeto de otro, del cual forma parte integrante. Comienza cuando la mano empieza a sacar una pieza del ensamble y termina cuando la ha separado totalmente del resto.

Dejar la carga (RL).- Consiste en soltar un objeto. Empieza cuando la mano comienza a dejar el objeto y termina cuando el objeto se ha separado

totalmente de ella.

Transporte en vacío (TE).- Es el movimiento de la mano vacía, cuando se dirige hacia un objeto. Se supone que la mano se mueve sin resistencia hacia o en dirección opuesta al objeto. Se inicia cuando la mano empieza a moverse sin cargar o resistencia y termina cuando la mano se para.

Transporte con carga (TL).- Es el movimiento de la mano llevando un objeto de un lugar a otro. El objeto puede ser transportado con las manos o dedos, o puede ser movido de un lugar a otro deslizando, tirando de él, o empujándolo, este movimiento también incluye el movimiento de la mano vacía contra una resistencia. Se inicia cuando la mano empieza a mover un objeto o a encontrar una resistencia y termina cuando la mano se para.

Buscar (SH).- Alude a esa parte del ciclo, durante el cual los ojos giran o las manos palpan en torno, hasta dar con el objeto. La búsqueda se inicia cuando los ojos o manos comienzan dichos movimientos y terminan cuando se ha encontrado el objeto.

Seleccionar (ST).- Consiste en escoger un objeto entre varios. En muchos casos resulta difícil, -

si no imposible, determinar donde está el límite entre buscar y seleccionar. Por esta razón en la práctica se combinan ambos y se consideran incluidos en el therblig "seleccionar". Usando esta definición más amplia, seleccionar se refiere entonces a buscar y localizar un objeto entre varios. Seleccionar comienza por consiguiente, cuando los ojos o manos inician la búsqueda del objeto y termina cuando el objeto deseado ha sido localizado.

Sostener (H).- Indica que se retiene un objeto después de haberlo cogido, sin que tenga lugar ningún movimiento del mismo. Se inicia cuando cesa el movimiento del objeto y termina con el comienzo del therblig siguiente.

Demora inevitable (UD).- Es un retraso que está fuera del control del operario y puede provenir de cualquiera de las causas siguientes:

- a) Un fallo o interrupción en el proceso.
- b) Una pausa producida por una condición de la operación que impide el trabajo de una parte del cuerpo mientras trabajan los otros miembros del mismo.

La demora inevitable comienza cuando se para la actividad de la mano y termina con la reanudación de la misma.

Demora evitable (AD).- Es cualquier retraso del operario del cual sea responsable y sobre el cual tenga control, es decir, cualquier retraso que pueda evitar si lo desea, se inicia cuando el orden de movimientos prescrito se interrumpe y termina cuando se reanuda el método normal de trabajo.

Descanso para superar fatiga (R).- Es el factor o suplemento de fatiga o espera previsto para permitir al operario recuperarse de la fatiga que le ha producido el trabajo. El descanso empieza cuando el operario interrumpe su trabajo y termina cuando lo reanuda.

Planear (PN).- Indica la acción mental que precede al movimiento físico, esto es, la de decidir como ha de continuar su trabajo. Comienza en el momento en que el operario empieza a reflexionar sobre la fase siguiente de la operación y termina cuando ha determinado el procedimiento a seguir.

Inspeccionar (I).- Consiste en examinar un objeto para determinar si está de acuerdo o no con las especificaciones previamente determinadas. La inspección puede emplear todos los sentidos humanos y se considera una reacción mental que puede presentarse simultáneamente con otros therbligs.

Se inicia cuando los ojos u otra parte del cuerpo empieza a examinar el objeto y termina cuando el examen ha quedado completo.

Con el fin de comprender mejor esta técnica, procederemos a estudiar un ejemplo; con la única salvedad de que ante la imposibilidad de presentar una película con movimientos o algunas fotografías de los movimientos involucrados en el ejemplo, omitiremos esta parte (1), aclarando que para un estudio formal de micromovimientos la película es el material fundamental con que debe contar el analista.

El ejemplo consistirá en las operaciones de ensamblado de una tapa gotero de uso farmacéutico, el cual consta de un bulbo de hule, una tapa perforada (arillo) de bakelita y una pipeta de vidrio. En la Figura No. 31 se muestra la distribución de los materiales. El análisis obtenido de la película es mostrado en la Tabla "A".

(1) Parte de los cuadros de la película tomada para este ejemplo, se encuentran en el libro: "Motion and Time Study" de Marvin E. Mundel. Pags.: de la 250 a la 253 y de la 279 a la 282, para más datos ver bibliografía al final del trabajo.

ANALISIS DEL REGISTRO DE UNA PELICULA

Lectura del Tiempo	Tiempo Sustraida	Simbolo Therblig	Película No. : <u>3</u> Fecha de la filmación: <u>Julio 10</u> Analizado por: <u>C. TOVAR</u> Fecha: <u>Sept 24</u>	Lectura del Tiempo	Tiempo Sustraida	Simbolo Therblig	Operación: <u>Ensamble</u> Operador: <u>A. González</u> Nombre de la parte: <u>Gotero</u> Parte No.:	Lectura del Tiempo	Tiempo Sustraida	Hoja <u>1</u> de <u>1</u> Dpto: <u>Acordicio</u> <u>ramiento de empaque.</u>
			Descripción Mano Izquierda.				Descripción Mano Derecha			
			Notas							
116	8	TL	Gotero term. a la charola.	116	20	TL, G	A Bulbos de hule.			
124	2	RL	Soltar gotero en charola.	136	10	G	Bulbo de hule.			
126	16	TE	A los arillos.	146	12	TL	Al área de trabajo			
142	8	G	Arillo	158	8	P	Al Arillo			
150	4	TL	Al área de trabajo	166	6	A	" "			
154	2	P	Para ensamblar	172	2	RL	Bulbo de Hule			
156	18	H	" "	174	4	TE	Al final del bulbo de hule			
174	2	P	A M. Der. p/coger bul. hule	178	2	G	" " " " " "			
176	14	H	" " " " " "	180	8	A	Jalar bulbo de hule			
190	4	P	Para recibir pipeta.	188	2	RL	Bulbo de hule			
194	32	H	" " " " " "	190	6	TE	A las pipetas			
226	X	TL	Gotero terminado a charola	196	8	G	Pipeta			
---	---			204	8	TL	" a la tapa			
116	110			212	2	P	" " " "			
---	---			214	10	A	" " " "			
110	O.K.			224	2	RL	"			
				226	X	TE	A bulbos de hule			
				---	---					
				116	110					
				---	---					
				110	O.K.					

Para vaciar los datos de una película a la forma que se presenta en la Tabla "A", es conveniente - seguir los siguientes pasos:

1. Los datos de la parte superior son obtenidos de la hoja de registro de cuando se hizo la - filmación y que sirve como referencia.
2. Se debe ver la película y seleccionar un ciclo típico completo, se considera un ciclo completo a la serie de movimientos requeridos para - obtener una unidad del producto en su grado - de terminación característica en esa opera- ción. Al igual que en las técnicas anterio- res es conveniente seleccionar el inicio del ciclo con el primer movimiento correspondien- te a la producción de la unidad y el final, - cuando el mismo movimiento es repetido con la siguiente unidad.
3. El registro de los therbligs usualmente se - inicia con el miembro del cuerpo más ocupado y posteriormente se continúa con los demás - miembros del cuerpo que se están analizando. La película es analizada cuadro por cuadro y se va registrando para cada therblig el tiem- po que indica el micro cronómetro, su símbolo y su descripción.

La representación gráfica de nuestro ejemplo es dada por medio del simograma (diagrama de simultaneidad de movimientos) y el cual es presentado - en el Diagrama No. 1.

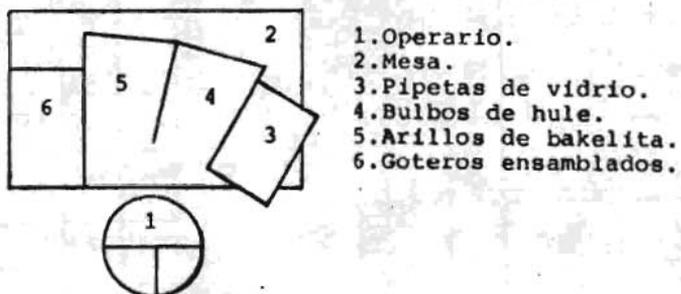


Figura No. 31.

METODO Original

PELICULA No. 3

OPERACION Ensamble

OPERACION No. _____

NOMBRE DE LA PARTE Gotero

REGISTRADO POR C. Tovar

OPERADOR A. González

FECHA Agosto 24

DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	Simb.	Tiempo	Tiempo total en	Tiempo	Simb.	DESCRIPCION MANO DERECHA
			0			
Gotero terminado a charola	TL RL	8 2				
				20	TE UD	A bulbos de hule
A los arillos	TE	16	20			
				10	G	Bulbos de hule
Arillo	G	8				
Al área de trabajo	TL P	4 2	40	12	TL	Al área de trabajo
				8	P	Al arillo
Para ensamblar	H	18		6	A	
A M. Der. p/coger bulbo	P	2	60	2	PL	Bulbo de hule
				4	TL	Al final del bulbo de
A mano derecha para jalar bulbo de hule	H	14		2	G	
				8	A	Jalar bulbo de hule
Para pipeta	P	4	80	2	RL	
				6	TE	A las pipetas
				8	G	Pipetas
Para ensamble de la pipeta	H	32	100	8	TL	A la tapa
				2	P	
				10	A	Insertar pipeta
			110	2	FL	
Resumen mano izquierda						Resumen mano derecha
58.2 s	H	64		24	A	21.8 s
14.5 s	TE	16		20	TE	18.2 s
10.9 s	TL	12		20	G	18.2 s
7.3 s	G	8		20	TL	18.2 s
7.3 s	P	8		10	P	9.1 s
1.8 s	RL	2		10	UD	9.1 s
				6	RL	5.4 s

Cada mano ha sido registrada en una columna, y -
las dos columnas son así alineadas de tal forma -
que una línea horizontal dibujada a través de -
ellas en cualquier lugar, nos indica la acción si
multánea de ambas manos.

Ahora que ya se tiene el simograma, y el cual es
la parte final del análisis, se continuará con el
tercer paso del procedimiento lógico y el cual es
la crítica del método. En este paso a cada ther-
blig del método se le aplican unos principios bá-
sicos con objeto de mejorar éste; los principios
básicos son los siguientes:

1. Procurar tener ambas manos haciendo lo mismo
y al mismo tiempo o balancear el trabajo de -
las dos manos.
2. Procurar evitar el uso de las manos para sos-
tener.
3. Mantener el trabajo dentro de su área normal.
4. Relevar a las manos del trabajo, cuando sea -
posible.
5. Eliminar therbligs cuando sea posible.
6. Acomodar los therbligs en el orden convenien-
te.
7. Combinar therbligs cuando sea posible.
8. Estandarizar el método y entrenar al trabaja-
dor.

En nuestro ejemplo, una vez aplicados los principios básicos, se sugirió un método mejorado y el cual es mostrado en el Diagrama No. 2. Este método se muestra sintetizado.

Los valores del tiempo fueron tomados - en donde fué posible - del método original y los que no se podían determinar, fueron estimados. El diagrama fué hecho para checar la factibilidad del método mejorado, antes de su aplicación. Con algo de experiencia en micromovimientos, esta mejora puede ser realizada con un alto grado de exactitud.

SIMOGRAMA

TODO Propuesto PELICULA No. 3
 OPERACION Ensamble OPERACION No. _____
 PARTE No. _____
 NOMBRE DE LA PARTE Gotero REGISTRADO POR C. Tovar
 ELABORADOR A. González FECHA Agosto 25

DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	Simb.	Tiemp.	Tiempo total en <u>wink</u>	Tiemp.	Simb.	DESCRIPCION MANO DERECHA
TIEMPO A LA MANO DERECHA					16	TE A los arillos
			20		8	G Arillo
					4	TL Arillo al aditamento
					6	P Arillo alrededor del adit.
					2	TL Arillo en aditamento
			40		16	TE Al bulbo de hule
					10	G Bulbo de hule
			60		12	TL A la tapa en aditamento
					8	P Arillo en corredera
			80		6	A Bulbo de hule en arillo
					2	TL Bulbo de hule
					6	TE A las pipetas
	U - 18*		100		8	G Pipeta
					8	TL A bulbo y arillo en adit.
					2	P A bulbo de hule
		120		10	A Pipeta al bulbo de hule	
				4	TL Quitar aditamento	
		130		2	TL En el deposito	
Por medio de un pedal el aditamento hará el ensamble del bulbo de hule al arillo						RESUMEN
				30	TL	29.2 s
				26	G	20.0 s
				24	TL	18.5 s
				16	P	12.3 s
				16	A	12.3 s
				6	TL	4.6 s
				4	TL	3.1 s
0 winks para 2 goteros (5 cada uno)						
t. original = 110 winks						
t. propuesto = 65 winks						
orro = 45 winks						
crecimiento en producción:						
$\frac{45}{65} \times 100 = 69\%$						

Este método mejorado fué una vez más analizado - con la lista de principios básicos y posteriormente se hizo una prueba de aplicación.

La mejora consistió fundamentalmente en auxiliar al operador con un aditamento que le facilitara el ensamblado de los componentes y el cual era operado por medio de un pedal, este aditamento hacía el ensamble del bulbo de hule y el arillo previamente colocados en él. Además este aditamento permitió que cada mano ensamblara un gotero a la vez y lo cual fué un buen incremento.

La nueva distribución del lugar de trabajo es mostrado en la Figura No. 32.

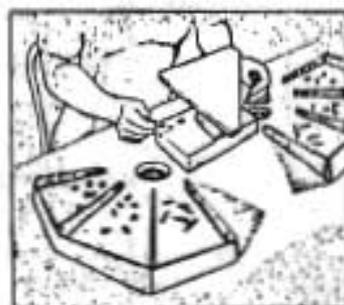


Figura No. 32.

Cabe hacer notar que los diagramas de operación - también pueden representarse en términos de los - therbligs y sin el requerimiento de tener una fil mación del método, sólo es necesario utilizar los

símbolos de la Tabla "B" y asignar el símbolo del therblig adecuado a cada símbolo del diagrama de operación. Sin embargo los valores del tiempo no estarán disponibles en el diagrama y una evaluación exacta de las posibilidades inherentes del método propuesto, requerirá de mucha más experiencia por parte del analista, que si estuviera usando un simograma.

Efectuar un análisis de mano derecha e izquierda usando los therbligs y a partir de la observación, requiere de un alto grado de familiaridad con los micromovimientos y una vista muy aguda, sin embargo hay analistas con mucha experiencia y habilidad que son capaces de hacerlos.

TABLA "B"

SÍMBOLOS PARA DIAGRAMAS DE OPERACION USANDO THERBLIGS

<u>SÍMBOLO</u>	<u>SÍMBOLO A.S.M.E.</u>	<u>USADO PARA THERBLIGS</u>
		G, P, PP, U, A, DA, SH, ST, RL, I.
		TE, TL.
		H.
		AD, UD, R, PN.

2.2.6 Economía de Movimientos.

En los temas precedentes se ha hablado de las téc
nicas para la mejora de métodos de trabajo, si- -
guiendo un procedimiento lógico. Los resultados
obtenidos han sido ilustrados con ejemplos que re
presentan una gran variedad de actividades; esto
nos ha enseñado como dividir las tarea en etapas
o subdivisiones. Al aplicar estas técnicas en los
ejemplos, utilizamos las listas de preguntas apro
priadas para ayudarnos en el desarrollo de la mejo
ra del método de trabajo y se ha observado que en
los cambios, se incluyen los siguientes aspectos:

1. Que no es posible considerar tareas sin observar.-
 - a) En que tipo de diagramas pueden ser estudi
adas rápidamente con la ayuda de una -
técnica particular.
 - b) La serie de etapas que están relacionadas
a esta técnica.
2. Que ciertas mejoras básicas del método son su
geridas aún en los casos de una simple observa
ción del trabajo, sin llegar a utilizar las
listas de preguntas ya establecidas.

El objetivo de la economía de movimientos es complementar las listas de preguntas de las diferentes técnicas, con el fin de hacer posible una aproximación, para mejorar el método de trabajo. Esto no significa querer reemplazar la técnica de análisis formal por un método visual rápido, sino proporcionar una lista de preguntas con principios generales para el analista.

Estos principios generales pueden ser de gran valor para ayudarnos a discernir el potencial de mejoras a un trabajo, y a seleccionar una técnica de análisis compatible con el potencial a desarrollar. Además, la lista de los principios puede ser usada como un resumen de las listas de preguntas, después de que el trabajo ha sido analizado con la ayuda de una de las listas detalladas; también puede ser usado como un resumen de las listas de preguntas de nuevos trabajos, una vez que el modelo inicial de trabajo ha sido delineado. Se debe tener cuidado al considerar que la lista de principios generales se enfoque principalmente a los aspectos mecánicos de los trabajos; esto no significa que la reacción del trabajador sea mecánica.

Principios Generales para la Mejora de Métodos de Trabajo

A. ELIMINACION:

1. Eliminar todos los trabajos, pasos o movimientos (aplicable a cuerpo, piernas, brazos, manos y ojos).
2. Eliminar irregularidades en un trabajo, - así como facilitar la automaticidad. Proveer lugares fijos para los utensilios de trabajo.
3. Eliminar el uso de la mano como aditamen- to para sostener.
4. Eliminar los movimientos bruscos o anormales.
5. Eliminar el uso de músculos para mantener una postura fija.
6. Eliminar el esfuerzo muscular para usar - herramientas que necesitan de una fuerza, etc.
7. Eliminar cualquier esfuerzo para vencer - la inercia de cualquier objeto.
8. Eliminar el peligro.
9. Eliminar el tiempo ocioso a menos que sea para descansar.

B. COMBINACION:

1. Reemplazar con un movimiento continuo, - los movimientos cortos y que están asocia dos con los cambios repentinos de direc-- ción.
2. Con ciclos de máquina fijos, hacer un - máximo de trabajo interno dentro del pro- pio ciclo de la máquina.
3. Combinar herramientas.
4. Combinar controles.
5. Combinar movimientos.

C. REARREGLOS:

1. Distribuir equitativamente el trabajo a - las dos manos. Un modelo de movimientos - simétricos y simultáneos, es más efectivo (esto frecuentemente implica trabajar en dos partes al mismo tiempo). Con una cua- drilla de trabajo, distribuir el trabajo entre los miembros de ésta equitativamen- te.
2. Turnar el trabajo de las manos y de los - ojos.

D. SIMPLIFICACION:

1. Usar las partes del cuerpo más aptas de -

hacer el trabajo, procurando hacer un uso intermitente de éstas, conforme son necesidades.

2. Reducir el viaje de la vista y el número de fijaciones.
3. Mantener la tarea en el área normal de trabajo.
4. Acortar movimientos.
5. Adaptar palancas, mangos, pedales, botones, etc., a las dimensiones humanas.
6. Utilizar la inercia en lugar de una aplicación intensa de la fuerza muscular, en donde sea posible.
7. Usar la combinación más simple de "therbligs".
8. Reducir la complejidad de cada "therblig", especialmente los finales.

2.3 Estudio de Tiempos y Movimientos: La Medición.

El estudio de tiempos (o medida de trabajo), se ha definido como una serie de procedimientos para determinar la cantidad de tiempo requerido, bajo ciertas condiciones - estándar de medición para tareas que involucran la actividad humana. El resultado de tales medidas es llamado tiempo estándar. El uso fundamental de los tiempos estándar es para auxiliar la administración del trabajo. En más detalle, los tiempos estándar tienen los siguientes usos:

1. Para determinar los requerimientos de mano de obra y equipo. En cualquier plan administrativo para la producción de bienes, primero debe probarse su factibilidad, y ésta es examinada por la conversión de la cantidad deseada de bienes en la cantidad de recursos requeridos y determinar si estos recursos están dentro de los límites permitidos. Si el plan no es factible ya sea la cantidad de bienes deseada debe ser alterada o los factores que afecten los recursos deben ser alterados (esta segunda posibilidad de cambio, fué la que se estudió en las técnicas del estudio de movimientos descritos en los temas anteriores).

Si a los requerimientos de mano de obra y equipo se les expresa su costo en términos de dinero y se les

adiciona los costos indirectos y de materiales, nos dan los costos estándar.

2. Para ayudar en el desarrollo de métodos efectivos.
 - a) Para determinar la cantidad de equipo que una persona puede operar. Como fué visto en los diagramas hombre-máquina, los valores de tiempo para las partes humanas del ciclo son factores importantes en la fijación del método de trabajo. Aquí los tiempos estándar deben ser tales que puedan ser alcanzables para la mayoría de los trabajadores, suponiendo un buen uso de la máquina.
 - b) Para balancear el trabajo de cuadrillas coordinadas o en una secuencia. La eficiencia del trabajo de una cuadrilla depende de la distribución de la tarea entre sus miembros. El trabajador que realiza el trabajo más largo es quien determina la producción de la cuadrilla. Cuando se coordina y se lleva una secuencia en el trabajo de la cuadrilla se produce más al menor costo, que cuando la tarea se realiza individualmente. Los costos se reducen porque se puede automatizar hasta la menor de las tareas, si se proporcionan las herramientas y los lugares de trabajo adecuados, lo cual también implica que el tiempo de entrenamiento sea más corto y por lo tanto

el costo sea menor. No importa si los tiempos estándar son fácil o difícilmente alcanzables, - lo importante es la consistencia de ellos.

- c) Para comparar métodos. Como se puede ver es necesario utilizar un estándar que proporcione un patrón fijo con el fin de hacer una comparación de dos o más métodos para realizar un mismo trabajo.

3. Para restringir el uso de mano de obra.

- a) Para fijar inventarios. La producción o el producto terminado, requieren ser controladas por medio de un inventario, el cual es de vital importancia para cualquier empresa. Ya que sirven para planear los programas de ventas en las empresas, además facilitan la coordinación entre los diferentes departamentos de una organización.
- b) Para fijar estándares de mano de obra. Esto no necesariamente involucra el pago de incentivos; ya que los estándares de mano de obra pueden ser los niveles de producción individual o de grupo que se obtienen satisfactoriamente y se aplican sin pagar incentivos. Por lo que los tiempos estándar son alcanzados rápidamente por el trabajador, quien espera lograr un estándar promedio en su trabajo, de tal forma, evita caer en "sub-estándares" que son típicos de los operarios con -

sentimientos frustrados.

Los estándares de mano de obra propiamente determinados y entendidos son una ventaja para la administración y la mano de obra, puesto que fi
jan un nivel de actividad satisfactorio y prote
gen los intereses de ambos grupos.

- c) Para determinar los objetivos de la supervisión. A un supervisor se le proporciona una combinación de hombres, materiales, espacio, máquinas, herramientas y métodos. La combinación en conjunto variará grandemente, dependiendo sobre todo de la naturaleza de los productos. Consecuentemente el trabajo del supervisor consistirá en
coordinar esta combinación y alcanzar su objetivo.

Los tiempos estándar le indicarán la medida en la cual él coordinará sus medios para producir y crear un inventario dentro de los costos estándar. Estos tiempos estándar también auxiliarán al supervisor a seleccionar sus operarios, quienes necesitan de un entrenamiento adicional.

- d) Para proporcionar una base en la fijación de los precios por pieza o de los incentivos a pagar. Los incentivos nos sirven para recompensar al trabajador más productivo en proporción a su trabajo, lo que a su vez permite que el flujo del

proceso durante el día sea constante, evitando -
parar por alguna razón, por ejemplo un mal mante-
nimiento al equipo.

4. Para auxiliar en la comparación de los planes esta-
blecidos con respecto a la carga de trabajo y los re-
cursos a emplear.

Si en una empresa, el costo de su mercancía es dado
antes de su manufactura, esto significa predecir -
cuanta mano de obra y tiempo de producción sería uti-
lizado en cada etapa del trabajo, y debe de tener un
medio de comparación continua entre lo establecido y
lo que se propone establecer para cumplir prediccio-
nes y fijar un inventario.

Este tipo de estudios da origen a las siguientes pregun-
tas:

1. ¿En qué unidades es expresada la carga de trabajo?
2. ¿En qué unidades es expresada la mano de obra?

Analizando la primera pregunta nos encontramos que, en -
industrias donde la producción de bienes son de tipo ma-
terial, el problema de medir el trabajo con respecto a -
la mano de obra directa no ofrece dificultad, ya que pa-
ra resolver esta cuestión se puede considerar que la uni-
dad de trabajo puede ser el mismo bien, el problema se-
ría, si la empresa produce servicios, ya que estos no -
pueden ser cuantificados, ni representados físicamente.

Una **unidad de trabajo** es la cantidad de trabajo o los **re** resultados de una tarea y la cual es conveniente de usar - como un entero al cuantificar el trabajo.

Para contestar a la pregunta **¿En qué unidades se expresa la mano de obra?** se debe de tener cierto cuidado, ya que contestar simplemente horas-hombre o años-hombre, implica no tomar en cuenta aspectos importantes, tales como - establecer la clase de individuo con respecto a su des-- treza e inteligencia y la forma en la cual él esforzará su habilidad, también es necesario plantear la relación del trabajo y la mano de obra utilizada en el tiempo estándar. Esto implica que tenemos que establecer la magnitud apropiada, el método, las condiciones de trabajo, el equipo, el tipo de persona y el grado de esfuerzo para sus aptitudes personales.

Al igual que en las medidas físicas, en los estándares - los resultados caóticos son eliminados. De tal forma - que éste debe de estar definido de una manera consistente y que sea suficiente para los propósitos por los cuales la medición fué hecha.

Por ejemplo: Si en un taller de máquinas los calibradores de los mecánicos tienen diferentes graduaciones, el control de las operaciones en su trabajo no es solo extremadamente difícil e ineficiente, sino imposible. **Co**mo se puede observar la consistencia de un estándar es de gran importancia como en la mayoría de las unidades -

de medición. Es conveniente revisar algunos hechos fundamentales concernientes a los factores relacionados a la velocidad de trabajo ejercido.

Con cualquier atributo físico humano la relación entre el mejor y el peor de los trabajadores (excluyendo excepciones fuera de lo común), es aproximadamente de dos a uno; esto es, el mejor tiene el doble de la habilidad que el menos dotado; por ejemplo si un grupo grande de personas hiciera exactamente el mismo método; el operario más rápido produciría en un tiempo dado, aproximadamente el doble de la producción que hace el más lento. La naturaleza de la distribución de habilidad es de tal forma que el número más grande de personas tiende a una cantidad promedio, y esta habilidad tiende a disminuir o aumentar conforme se acerca a los extremos; por lo que esta distribución de personas sigue una distribución normal, como la mostrada en la Figura 33-A.

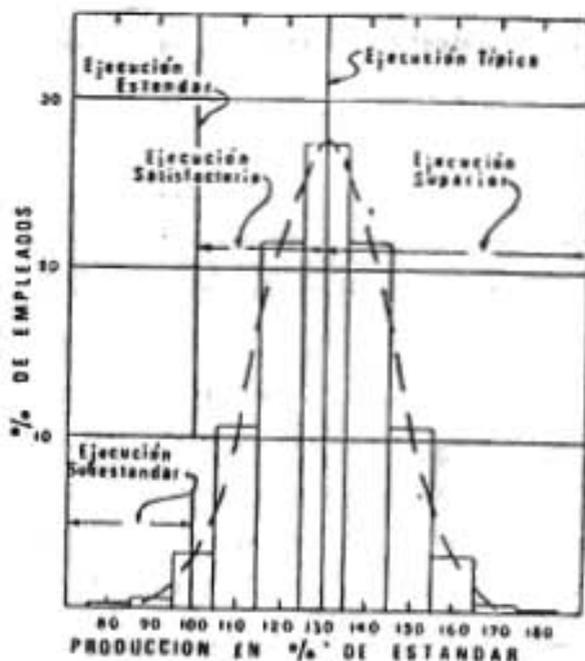


Figura 33-A: Distribución normal de -
habilidad con ejecución típica de 130%

Esta curva fué el resultado de investigaciones en diversos trabajos que incluyeron grupos numerosos de trabajadores; como se puede observar la ejecución típica está en el punto que señala el 130%.

Es importante hacer notar que un cambio en la relación entre el tiempo estándar y el tiempo en la realización típica, alterará la posición de la curva en la escala de las abscisas en la figura 33-A y originando un cambio en el valor del punto medio y en la posición de la línea que indica la división entre los trabajadores sup

estándares y los del estándar promedio inferior, por lo que el límite superior de las abscisas de la curva mostrada en la figura 33-A siempre tendrá un valor igual al doble del límite inferior y puede ser visto que cuando la relación entre el tiempo estándar y el tiempo en la ejecución típica alcanza el 100/100, el punto de la línea inferior en la cual encontramos a los trabajadores estándares tiende a estar en el punto medio con lo que la mitad de los trabajadores son subestándares (ver Figura 33-B) pero cuando la proporción es 150/100 el punto subestándar tiende a estar debajo de la curva y no tendremos trabajadores subestándares (excluyendo casos fuera de lo común, ver Figura 33-C).

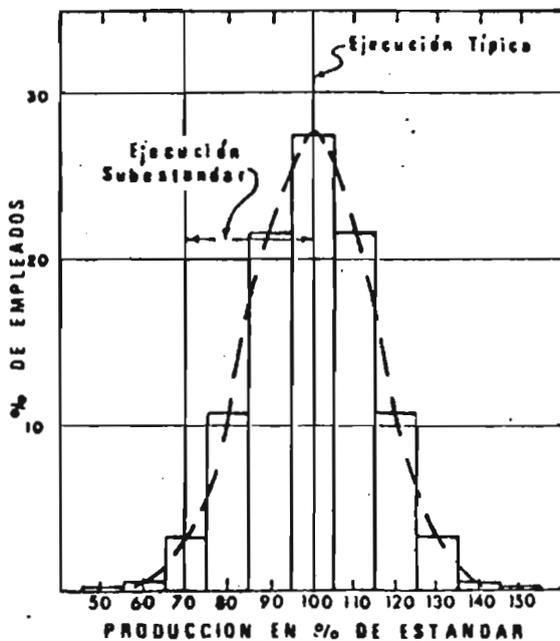


Figura 33-B: Distribución normal de -
habilidad con ejecución típica de 100%

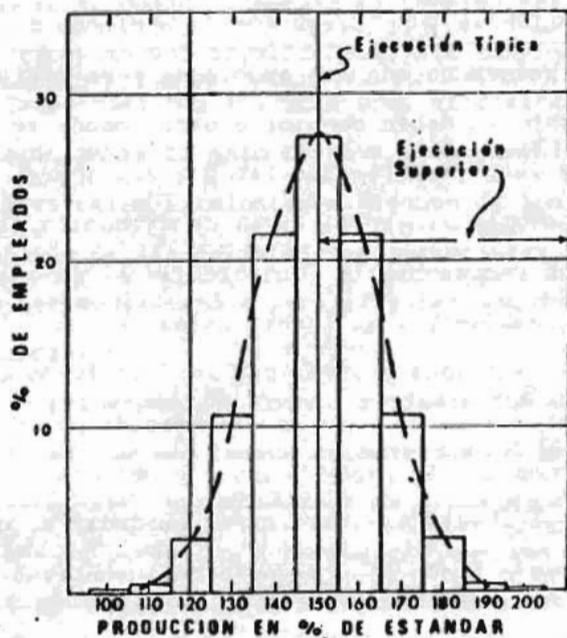


Figura 33-C: Distribución normal de -
habilidad con ejecución típica de 150%

En algunos casos existen trabajadores que a pesar que recibieron un entrenamiento adecuado, no alcanzan el nivel de ejecución estándar y no porque están haciendo mal el trabajo, sino porque no son los adecuados para ese trabajo y por lo tanto se deben cambiar a otro, donde se aprovechen con más ventajas; también habrá trabajadores quienes excedan con gran margen el nivel de ejecución estándar, y esto nos representa la condición ideal de la adaptación de un trabajador a su tarea; estos extremos del tiempo estándar son consistentes con la definición que se dió, sin embargo en el caso de sistemas de pago de incentivos por rendimiento pueden causar problemas.

Dado que la mayor parte de los tiempos estándar se utilizan como base para algún plan de pago de incentivos por rendimiento nos interesa la relación entre la velocidad normal y la velocidad media esperada de aquellos que trabajan con este incentivo. Las ganancias medias por primas oscilan entre el 115 y 145% aproximadamente, lo que nos da una media del 130%.

Ahora podemos alcanzar algunas conclusiones con respecto al estudio de tiempos o medida del trabajo, el estudio de tiempos está definido en dos formas compatibles, como son:

1. Un conjunto de procedimientos para determinar la cantidad de tiempo requerido bajo ciertas condiciones estándar de medición, para tareas que involucran al-

guna actividad humana.

2. Un conjunto de procedimientos para desarrollar coeficientes numéricos para convertir de una forma cuantitativa de la carga de trabajo a una forma cuantitativa de los recursos requeridos.

Existe una relación básica para definir el concepto de tiempo estándar y el cual es función del tiempo de trabajo y de la cantidad de trabajo asociado a ese tiempo.

Una ecuación ampliamente aceptada para definir el tiempo estándar es la siguiente:

$$ST = \frac{W/T}{W/C} \times M + A$$

En donde:

ST = Al tiempo estándar

W/T = Al tiempo de trabajo

W/C = A la cantidad de trabajo asociado a W/T.

M = A un coeficiente que se utiliza para ajustar el significado de W/T a la realidad.

A = A un coeficiente que se utiliza para ajustar el ST a las personas reales.

Más adelante se explican ampliamente cada uno de los términos de la ecuación.

DEFINICION INDUSTRIAL DEL TIEMPO ESTANDAR

Como se ha podido observar el término del tiempo estándar tiene muchos significados; sin embargo en la práctica industrial implica solo uno, el cual representa un acuerdo entre la mano de obra y la administración.

En esta parte examinaremos algunos de los aspectos fundamentales de las definiciones potenciales, los cuales deben ser considerados para alcanzar una definición satisfactoria.

En un principio, el tiempo estándar fué definido como la cantidad que nos indica durante cuanto tiempo se debe mantener una velocidad dada de trabajo para producir una unidad de producto, y se sugirió que los factores o las condiciones implicadas en este tiempo estándar eran:

1. La unidad de producto.
2. La velocidad de trabajo.
3. a) El método.
b) Las condiciones de trabajo.
c) El equipo.
d) Características individuales.
 1) Habilidad
 ii) Aptitud
e) Grado de esfuerzo de las características individuales especificadas.

En base a lo anterior, el tiempo estándar puede ser defi

nido como sigue:

El tiempo estandar es una función de la cantidad de tiempo necesario para terminar una unidad de trabajo.

1. Usando un método y equipo definidos.
2. Bajo condiciones de trabajo definidas.
3. Por un trabajador que posea una cantidad específica de habilidad en el trabajo y una aptitud especificada para el trabajo.
4. Cuando trabajando a un cierto ritmo dentro de un periodo definido, el esfuerzo físico máximo con el que el trabajador realice la tarea, no deberá tener efectos peligrosos en su persona.

Dentro de esta definición el significado de las palabras habilidad, aptitud y efectos peligrosos son los siguientes:

Habilidad.- Es la práctica de hacer una tarea de la forma correcta, la práctica para repetir un modelo definido de movimientos.

Aptitud.- Afinidad física para el trabajo.

Efectos Peligrosos.- Son los resultados de una actividad excesiva física y mental causada por el trabajo y la cual no es disipada con el descanso después del trabajo.

Debe ser notado que el último término tiene en principio una base sociológica.

En la figura 34 se representa gráficamente la velocidad

de trabajo vs. salario y en donde se puede observar que - la línea horizontal superior representa el máximo fisiológico, el cual puede ser definido como la máxima velocidad a la cual un hombre promedio podría trabajar día tras día, utilizando el tiempo indicado para descansar sin sufrir ningún daño físico. Este ritmo de trabajo no es práctico en la industria moderna, ya que este concepto no es compatible con una democracia en la cual el hombre trabaja para vivir y no vive para trabajar. El máximo fisiológico sugeriría una población esclava, sin energía para llevar una actividad familiar, sin tiempo libre.

La línea horizontal inferior es el mínimo fisiológico y - representa el ritmo mínimo de trabajo al cual puede realizarse una tarea sin incrementar el gasto de energía. Del mismo modo esto nunca es encontrado en la práctica y ciertamente tampoco es compatible con un estándar de vida elevada basado sobre una producción elevada.

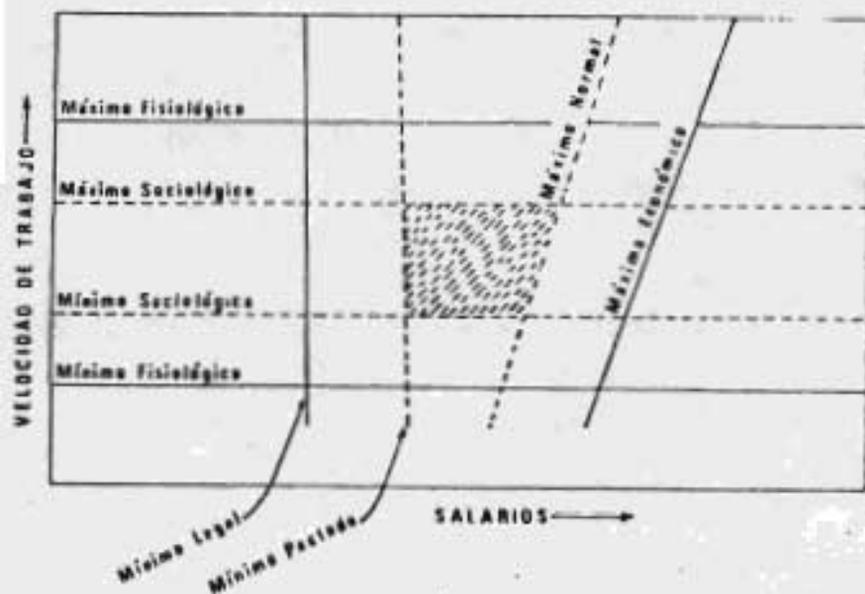


Figura 34: Velocidad de Trabajo vs. Salarios

Para que una empresa opere dentro de condiciones económicas favorables, el ritmo de trabajo debe ser al menos - en la línea del mínimo sociológico (línea punteada inferior) o arriba de ella, como se puede observar en la figura 34. Para los trabajadores aceptar esta velocidad de trabajo, como una forma propia y razonable, al realizar el ritmo de trabajo, ésta no debe de excederse de la línea (punteada superior) y la cual corresponde al máximo sociológico. Sin embargo más adelante la situación se complica por aspectos económicos. Como se puede observar en la figura 34, se adicionaron dos líneas verticales con

tínuas las cuales son: La del salario mínimo legal, el -
cual es fijado por la ley en la mayoría de los países y -
la línea del salario máximo económico la cual representa
el punto donde la empresa tendría el 0.0% de utilidad, es
un nivel económicamente determinable, pero no aceptable -
para los dueños. Dado que no es conveniente (por motivos
sociales o económicos), estar en las proximidades de es-
tas líneas, se han adicionado dos líneas punteadas vertica
les con características más aceptables. La primera indi
ca un salario mínimo pactado y el cual es un nivel de pa
go arriba del mínimo legal y se asigna a un deseo de la -
empresa de pagar un buen salario o por la presión de un -
contrato colectivo. La segunda línea llamada máximo nor
mal es lo más que la empresa puede pagar, aún obteniendo
una utilidad razonable sin tener precios en sus productos
que los dejen fuera del mercado.

Las cuatro líneas punteadas encierran una área de salario
vs. velocidad de trabajo; dentro de ésta cualquier punto
denota las condiciones en que debe estar una empresa.

Sin embargo debemos de reconocer que la frase "esfuerzo -
físico máximo" (en la definición de tiempo estándar) se -
refiere a un punto determinado sociológicamente y no a la
condición verdadera determinada fisiológicamente.

Para hacer útil la definición general del tiempo estándar,
es necesario sustituir la palabra "función" con un valor
numérico y reemplazar con un adjetivo definido cada uso -

de la palabra "especificado". Con lo que se tiene la siguiente definición:

- El tiempo estándar para un trabajo será 130/100 de la cantidad de tiempo que será necesario para completar una unidad de trabajo.
- 1. Usando un método y equipo dados.
- 2. Bajo condiciones dadas (sugeridas o propuestas).
- 3. Por un trabajador que posea la suficiente habilidad para hacer el trabajo apropiadamente.
- 4. Físicamente apto para el trabajo, después de adaptarse a él.
- 5. Trabajando al máximo ritmo que puede ser mantenido en ese trabajo día tras día sin efectos peligrosos.

Cabe aclarar que la proporción 130/100 no es fija, ya que ésta puede ser negociada entre el sindicato y la empresa. Es importante notar que el uso de los tiempos estándares junto con incentivos, en empresas donde el trabajo no es completamente manual, surgen problemas relativos a el criterio dado para tiempos estándar. Por ejemplo:

El tiempo estándar para una tarea manual A fijada de acuerdo a la definición en 1.0 minuto, un trabajador promedio con incentivos puede esperar terminarla en 0.77 minutos. En otra tarea B donde un hombre alimenta una máquina automática cuyo ciclo de tiempo está fijado en 1.0 minuto, el tiempo estándar para el trabajo manual de alimen

tación de la máquina, mientras está trabajando es también en 1.0 minuto.

Esta es la situación del trabajo en la cual la producción no permite ser una función solamente del esfuerzo que el trabajador hace, y se podría pensar como que es una injusticia para el trabajador de la tarea B y la cual puede ser remediada incluyendo en el estándar de trabajo un factor adicional que compense la situación.

Se puede pensar que para algunas personas la definición de tiempo estándar es fastidiosa e innecesaria. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los estudios de tiempos nos dan tiempos estándares para el trabajo humano, sobre la base de que los requerimientos de mano de obra y equipo, inventarios, control de costos, objetivos de supervisión, precios y aún salarios son con frecuencia fijados previamente.

2.3.1 Estudio Directo de Tiempos por Muestreo Intensivo

El estudio directo de tiempos por muestreo intensivo es un procedimiento en el cual la ejecución de una tarea es observada de una forma directa y continua, durante un período. Los datos son registrados considerando el tiempo de trabajo y la cantidad de éste asociada, junto con una apreciación de la ejecución, en comparación con el concepto de realización estándar. Usualmente, se adiciona una tolerancia para el tiempo no trabajado, la cual debe estar de acuerdo con las políticas fijadas por la organización. Todos estos datos son utilizados para calcular el tiempo estándar. Este procedimiento es comúnmente llamado "estudio de tiempos con cronómetro" o "estudio directo de tiempos", aunque no necesariamente se debe usar el cronómetro para hacer las mediciones. Usando los términos de la ecuación para tiempo estándar (ST) vista en el tema anterior, tenemos que el estudio directo de tiempos por muestreo intensivo es un procedimiento en donde:

1. W/C.- Es obtenido por lo general con detalles correspondientes al método empleado y por medio de una observación directa y continua, durante la realización de la tarea. El período

es limitado y observado completamente.

2. W/T.- Es obtenido por la observación directa y con un cronómetro o algún otro aparato de este tipo.
3. M.- Es una apreciación de la ejecución, en comparación con el concepto de realización estándar; el observador hace una evaluación personal.
4. A.- Se adiciona para permitir el tiempo no trabajado por causas inherentes del trabajo; comunmente se determina por políticas de la Compañía. El valor puede variar con el tipo de trabajo y con el propósito del tiempo estándar.

Este tipo de estudios se emplean cuando la tarea para la cual se busca el tiempo estándar, es repetitiva. El trabajo repetitivo, es aquel que tiene un comportamiento cíclico y el cual es repetido sobre un cierto período mucho más grande, que el requerido por el período de muestreo u observación.

La técnica puede ser usada cuando el trabajo tiene un sólo ciclo, sub-ciclos o una variedad limitada de ciclos; en el caso de que los ciclos no se repitan en determinado tiempo, entonces se uti

lizan otras técnicas como el estudio de tiempos - por muestreo extensivo, pero dado que éste se sale del alcance de este trabajo, no será tratado, ya que su principal aplicación es en métodos para oficinas, hospitales, etc.

El estudio directo de tiempos por muestreo intensivo está orientado al trabajo que ya se está realizando y no puede utilizarse para fijar un tiempo estándar antes de iniciar dicho trabajo; sin embargo, en el supuesto caso de que la tarea todavía no se realice, con una corta corrida de tipo experimental se pueden obtener los datos necesarios para fijar el tiempo estándar.

Existen cinco etapas para la fijación de un tiempo estándar, por medio de esta técnica y estas son:

1. Definir el estándar de medición; así como proporcionar la base para determinar "M", esta definición solo es necesario fijarla la primera vez, ya que funciona para todos los estudios.
2. a) Registrar el estándar práctico, describiendo las operaciones efectuadas.
b) Observar y registrar el tiempo de trabajo utilizado por un trabajador en particular, junto con sus respectivos datos del trabajo.

jo efectuado.

- c) Estimar la ejecución en relación al estándar, determinando el valor "M".
- d) Aplicación de suplementos y determinación del factor de ajuste "A".

Cada uno de los pasos de la etapa No. 2 debe ser realizado para cada tarea bajo estudio.

La definición del estándar de medición es la base para determinar "M" y en el caso de esta técnica, el parámetro es determinado hacia el final del proceso de medición del trabajo; por lo que será conveniente hacer la discusión a este respecto hasta su aparición natural en la secuencia de las acciones. La discusión siguiente examinará los pasos dados en la etapa No. 2.

Registro del Estándar Práctico:

El registro del estándar práctico requiere que las unidades (en las cuales los productos van a cuantificarse), el método, el equipo y las condiciones de trabajo estén de tal forma que puedan registrarse. A este punto se le conoce como estándar práctico escrito.

Este estándar práctico escrito debe ser elaborado antes de hacer cualquier medición del tiempo es-

tándar para una operación específica y se debe registrar con mucho detalle: El método, el equipo y las condiciones usadas; de tal forma que el trabajo pueda ser reproducido con exactitud en cualquier tiempo y bajo las mismas circunstancias que cuando fué efectuado el análisis.

Se ha visto que si el estándar práctico no se registra de una forma adecuada, el tiempo estándar que se obtuvo, eventualmente llegará a ser falso y no podrá determinarse el motivo del cambio.

Antes de registrar el estándar práctico es conveniente que el analista revise el método de trabajo y lo haga tan efectivo como sea posible, con el fin de evitar un doble trabajo para obtener el tiempo estándar.

El primer paso en el registro del estándar práctico es identificar la unidad de trabajo o el producto final de dicha tarea; por lo regular siempre existen varias alternativas, motivo por el cual se debe escoger una que sea fácil de manejar. En general, la unidad de trabajo debe ser:

- a) Directamente relacionada al trabajo adicional a ésta.
- b) Conveniente para pronosticar la carga de trabajo.
- c) Conveniente al tiempo.

- d) Fácilmente identificada.
- e) Conveniente para inventariar y registrar la producción.

Para describir un trabajo al cual se le hará un estudio de tiempos, es deseable separar la tarea en diferentes pasos, a los cuales se les llama: elementos del estudio de movimientos; el uso de estos elementos facilitan: La toma de tiempos, la evaluación de datos y la comparación de tiempos. Cada elemento debe ser medido separadamente y deben ser escogidos de acuerdo a los siguientes requerimientos:

1. Fácilmente detectable y con una terminación o punto final bien definido.-
Esto facilitará la medición del tiempo, es muy conveniente que al punto final del elemento se le pueda anticipar su ocurrencia, con lo que el analista preparará la lectura del cronómetro en el instante correcto.
2. Tan pequeño como sea conveniente al tiempo.-
Cuando se utilizan cronómetros en el estudio, la unidad práctica más pequeña es alrededor de 0.04 min., ó 3 seg.; sin embargo, si se utiliza algún otro tipo de aparato de medición (película, video-tape, etc.), es posible

emplear unidades de tiempo más pequeñas.

3. Tan unidos como sea posible.-

Los elementos deben de consistir en un grupo de movimientos bien conjuntados, tales como: dirigirse hacia, tomar, sostener, mover, o poner un objeto (en términos de therbligs sería: TE, G, TL, P, A, y RL).

4. El tiempo manual debe separarse del tiempo máquina.-

El tiempo manual está bajo control del operador, no así el tiempo máquina (con alimentación automática o velocidad fija). El tiempo máquina permite un alto grado de estandarización y chequeo de estudio a estudio, por otro lado el tiempo manual es muy variable y difícil de determinarlo con precisión; de aquí - que los dos tipos de tiempos deben estar siempre separados.

5. El tiempo interno debe separarse del tiempo externo.-

El trabajo manual realizado mientras la máquina o el proceso controla el tiempo total - transcurrido (tiempo interno) debe separarse del trabajo manual realizado mientras solamente el trabajo manual controla el tiempo total

transcurrido (tiempo externo).

6. Los elementos constantes deben separarse de los elementos variables.-

Así tenemos por ejemplo que el arranque de una máquina es generalmente independiente del producto que está siendo trabajado, por lo que los elementos de este tipo deben separarse de aquellos que involucran un manejo de la pieza y los cuales probablemente variarán con el tamaño, forma y peso de la pieza individual, su localización, orientación y facilidad de manejo.

7. Los elementos regulares deben separarse de los irregulares.-

Los elementos que no ocurren en cada ciclo deben separarse con el fin de facilitar su prorrateo.

En todo tipo de trabajo es muy conveniente indicar además del estándar práctico, los siguientes datos:

1. El nombre, número de cronómetro y localización del operador en el trabajo observado.
2. La fecha y la hora en que se efectuó el estudio de tiempos.

Existen dos preguntas muy importantes y que siempre nos debemos hacer cuando se realiza el estándar práctico escrito y estas son:

- a) ¿Contiene éste todo lo que el trabajador tiene que hacer?
- b) ¿Puede el trabajo ser reproducido a partir de lo que se escribió en el estándar?

Para poder satisfacer completamente las preguntas anteriores, debemos incluir los siguientes puntos:

- A. El departamento en el cual se efectúa el trabajo.
- B. Número de trabajo.
- C. Especificaciones de: producto y materiales.
- D. Distribución de planta y dimensiones.
- E. Descripción del equipo y sus condiciones (si existe algo anormal, escribirlo).
- F. Descripción de las herramientas.
- G. Alimentación y velocidad de las máquinas.
- H. Condiciones del medio ambiente.
- I. Descripción de los detalles del trabajo manual:
 - a) Se deben cumplir hasta donde sean posibles, los siete requisitos para los elementos del estudio de tiempos.
 - b) Usar una terminología adecuada al tipo de trabajo, como sería el caso de usar ther-

bligs en un trabajo cíclico y en un solo lugar.

En algunos casos una simple hoja de estudio de tiempos es necesaria para registrar el estándar práctico y en otros casos será necesario anexar hasta diagramas de flujo, planos mecánicos de las herramientas u otro tipo de información.

Una muestra de una hoja de estudio de tiempos con todo el estándar práctico escrito, es mostrada en el diagrama No. 1. En este diagrama se analiza como ejemplo: La operación de empaque de productos farmacéuticos y en donde se tapa un frasco, se coloca en una cajita de cartoncillo y se deposita en una mesa banda.

Este ejemplo será desarrollado completamente más adelante.

HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS

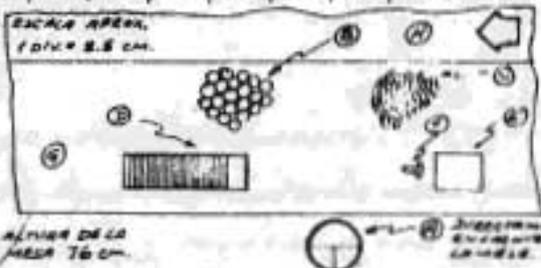
Estimado de Actividad en el caso individual

Operador J. Lopez
 Máquina Mesa-ganga No. 5
 Registrado por: L. J.

Operación _____

Especificación No. F-155
 Aprobado por: J. M.

Fecha Agosto 15
 omeo a este hofo.



Descripción Mano Izquierda	Descripción Mano Derecha	No de Obs.	Tiempo con Ventaja
COGER PAPA CON DIAMANTE Y SIN TAPAS (DE LA MESA); LLEVARLA A ENCANTAR MACHO TAPADA EN AREA DE TROZADO; TAPAR FERRASCO; COGER FERRASCO.	COGER PAPA (DE LA MESA); LLEVARLA A ENCANTAR MACHO TAPADA EN AREA DE TROZADO; TAPAR FERRASCO; COGER FERRASCO.		
COGER CAVA RUGADA (DE LA MESA); DEJAR PASAR MACHO DE CAVA; COSENER CAVA.	LLEVAR FERRASCO TAPADO EN LA MESA; ENCANTAR MACHO TAPADA; ARMAR CAJA (PARTE INTERIOR); COGER FERRASCO TAPADO; MEZER DESSCO A LA CAJA.		
DEJAR CAVA; COSENER CAVA, MACHO DE CAVA NUMERO DE COTE CON EL SELLO; DARAR CAJA CON MACHO EN LA GARGA.	EXCARAR CAVA; TOMAR SELLO; ENTAVAR SELLO; PONER NUMERO DE COTE CON EL SELLO, EN LA TAPA DE LA CAJA; DEJAR SELLO EN LA MESA.		

_____ Tiempo total con ventaja por pieza

Producción en estándar _____ por hora.
 Producción durante estudio _____ por hora.

Registro y Observación del Tiempo de Trabajo:

Los valores del tiempo para un estudio de tiempos pueden ser registrados de tres formas:

- a) Por cronómetro (en donde el más usado es el de décimas de minuto).
- b) Por películas de cine.
- c) Por máquina de estudio de tiempos.

De estos tres métodos el que más se utiliza es el método por cronómetro, ya que es el más accesible, por el poco equipo que requiere y su facilidad de realización; motivo por el cual será el que utilizaremos para mostrar el ejemplo que más adelante se dará.

Estudio de Tiempos por Cronómetro:

Para hacer estudios de tiempos con cronómetro existen tres métodos:

1. Tiempos continuos.-

En este caso el cronómetro trabaja continuamente durante el estudio. El cronómetro empieza a trabajar al principio del primer elemento del primer ciclo que está siendo medido y no es parado hasta que el estudio es terminado; al final de cada elemento se registra el tiempo. Los tiempos de cada elemento son

obtenidos por sustracciones sucesivas al final del estudio. Este es uno de los métodos más comunmente usados.

2. /Tiempos repetitivos.-

En los tiempos repetitivos, el cronómetro es arrancado en el inicio del primer elemento del primer ciclo que está siendo medido y es simultáneamente leído el tiempo y regresado el cronómetro a cero, en la terminación del elemento y así en cada elemento subsecuente. Esta forma de medición permite la entrada directa del tiempo a la hoja de tiempos, sin la necesidad de hacer sustracciones. Con este método se tiene más margen de error debido a que las lecturas tendrán variación ocasionada por el analista, ya que se tiene un manejo considerable del cronómetro.

Si se manejan elementos cortos, un pequeño error en la lectura, ocasionará un gran porcentaje de error en el elemento.

3. Tiempos acumulados.-

Los tiempos acumulados es un método que involucra dos o tres cronómetros. En ambos casos los cronómetros son montados en un soporte (tabla para recargarse al escribir) y los botones de arranque y paro de los relojes son -

unidos por medio de un mecanismo. En el caso de tener dos cronómetros, para hacer mediciones continuas, el mecanismo es manejado al fin de cada elemento, con lo que un reloj se para y el otro arranca; el reloj parado se lee, posteriormente los tiempos de los elementos son obtenidos por sustracciones alternas de las lecturas.

Para tiempos repetitivos, el reloj parado, es regresado a cero después de haber hecho la lectura con lo que el tiempo del elemento es leído directamente. En el caso del mecanismo con tres relojes montados en un soporte, las funciones al accionar el mecanismo son las siguientes: El primer reloj regresa a cero, el segundo se arranca y el tercero se para, con el fin de hacer la lectura. Con este mecanismo se pueden hacer las lecturas de tiempos para cada elemento, de una forma directa lo cual es muy útil cuando los tiempos del elemento son muy cortos.

Para registrar los valores de los tiempos, se utiliza una forma como la que se muestra al final de este tema en el diagrama No. 2, aunque, existen variaciones de esta, y las cuales dependen de los requerimientos que se tengan. En el caso de la

forma utilizada en nuestro ejemplo (diagrama No. 2), en la columna para descripción del elemento, se escribe el punto final del elemento, después - del cual se debe registrar el tiempo (esta breve descripción del elemento no debe ser confundida - con una descripción adecuada, como sería la del estándar práctico). Para cada elemento de cada ciclo, existen dos casillas: Una nombrada "L" y - otra "T". La columna "L" es para las "lecturas" cuando se utiliza medición continua (como en el - ejemplo); los tiempos sustraídos y que corresponden al tiempo de cada elemento son escritos en la columna "T" o columna de "tiempos". Si se utiliza el método de tiempos repetitivos los valores - se registran directamente en la columna "T".

Ahora nos preguntamos: ¿Cuántos ciclos o lecturas debemos cronometrar para tener una muestra representativa?. En general es de esperar que el tiempo necesario para ejecutar los elementos de una - operación varíe de ciclo a ciclo; aún cuando un - operador trabaje a un ritmo uniforme, no siempre realizará cada elemento de los ciclos consecutivos, exactamente en el mismo tiempo, pudiendo deberse las variaciones a diferencias en la posición exacta de las piezas y herramientas empleadas, variaciones en la lectura del cronómetro y - a posibles diferencias en la determinación de los

puntos exactos en que se hace la lectura. Con materiales normalizados, herramientas, equipo y condiciones de trabajo en buen estado y operarios bien clasificados y entrenados no serán grandes las diferencias en las lecturas de cada elemento; pero, no obstante, aún habrá alguna variación.

El estudio de tiempos es un proceso de muestreo y por consiguiente, cuanto mayor sea el número de ciclos cronometrados, más próximos estarán los resultados a la realidad de la actividad que se mide y especialmente cuanto mayor sea la variación en las lecturas de un elemento, mayor será el número de observaciones.

Con este antecedente, ahora contestaremos la pregunta antes formulada y para lo cual nos auxiliaremos de la Estadística.

Las fórmulas (1) y (2) que siguen son un medio sencillo de evaluar el error del valor medio del tiempo de un elemento, al hacer un número dado de lecturas (1). Se da por supuesto que las variaciones en los tiempos observados son debidas al azar, lo cual es una hipótesis razonable.

El error típico de la media para cada elemento se expresa mediante la fórmula (2):

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

Siendo:

$\sigma_{\bar{x}}$ = Desviación típica de la distribución de las medias.

σ' = Desviación típica del universo, para un elemento dado.

N = Número efectivo de observaciones del elemento.

La desviación típica (σ) por definición es la raíz cuadrada de los cuadrados de las desviaciones de las lecturas con respecto a la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{N} - \bar{X}^2} \quad (2)$$

Siendo:

X_i = Valor de cada lectura de cronómetro u observación individual.

\bar{X} = Media aritmética de todas las lecturas de un elemento.

Dado que: $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$

$$\sigma = \frac{1}{N} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

Combinando las fórmulas (1) y (3)

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\frac{1}{N} \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sqrt{N'}} \quad (4)$$

Al determinar el número de observaciones a realizar, hay que decidir el nivel de confianza y la precisión estadística deseada; empleándose generalmente un nivel de confianza del 95% y una precisión de $\pm 5\%$. Esto significa que existe un 95% de probabilidades de que la media de la muestra o el valor medio del elemento no estén afectados de un error superior a $\pm 5\%$ del verdadero tiempo del elemento observado.

Con lo que:

$$0.05 \bar{x} = 2 \sigma_{\bar{x}} \quad \text{o} \quad 0.05 \frac{\sum x_i}{N} = 2 \sigma_{\bar{x}}$$

$$0.05 \frac{\sum x_i}{N} = 2 \frac{\frac{1}{N} \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sqrt{N'}}$$

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2 \quad (5)$$

Siendo N' el número necesario de observaciones para predecir el tiempo verdadero, dentro de una precisión de $\pm 5\%$ y un nivel de confianza del 95%.

Por ejemplo: Se tomaron 12 lecturas del elemento de una tarea y se quiere saber si estas son suficientes para que el nivel de confianza sea del 95% y la precisión del 5%.

Las lecturas son: 5.3, 6.2, 6.8, 6.0, 5.8, 5.3 - 5.3, 6.2, 6.3, 6.2, 6.7 y 5.5 todas en 0.01 min.

Aplicando la fórmula (5) tenemos:

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{12 (430.3) - (71.6)^2}}{71.6} \right]^2 = 11.56$$

Con lo que se muestra que las lecturas que se hicieron son suficientes.

Otro punto muy interesante del estudio de tiempos, es como se hará en la práctica éste; para lo cual es necesario que el analista cuente con un soporte que contenga la forma donde se registrarán los datos y que además sostenga el cronómetro en tal posición que se pueda manejar y leer éste, con facilidad. El analista se debe parar atrás y ligeramente a un lado del operador al cual va a observar, de tal forma que no distraiga los movimientos de éste. Es muy importante que el operador tenga conocimientos de que se está realizando un estudio de tiempos. La parte más importante de este punto es la de sostener el reloj de tal

forma que se puedan ver las manecillas mientras el trabajo es estudiado, con lo que el reloj puede leerse por un simple enfoque de la vista sin buscarle y con pequeñas pérdidas de tiempo. Es importante observar constantemente la ejecución del operador, para estar seguros que los tiempos representan la verdadera ejecución de los elementos, tal y como se describieron en el método definido para ese trabajo. Sin embargo, se pueden observar pequeñas desviaciones como son:

1. Manoseos durante un elemento:
 - a) Debido a la falta de habilidad del operador.
 - b) Inherente al trabajo.
2. Movimientos en falso.
3. Ajustes o reparaciones menores al equipo usado.
4. Trabajo defectuoso debido a la poca habilidad del operador o movimientos defectuosos.
5. Trabajo defectuoso debido a fallas en el material.

Cualquier elemento conteniendo alguna de las variaciones anteriores o cualquier variación del método prescrito debe ser señalada, con el fin de identificarla en la hoja del estudio de tiempos.

Las ocurrencias no usuales deben ser manejadas como sigue:

1. Si no es necesariamente una parte del trabajo o si representa un mal movimiento o un trabajo hecho de una forma impropia; el valor del tiempo registrado no debe ser considerado y - por lo tanto no debe influir en el resultado final.
2. Si es inherente al elemento (por ejemplo: manoseo por venir enredado el material), debe ser incluido en el estudio.
3. Si tiene una ocurrencia irregular (por ejemplo: manoseo del material o ajuste de la máquina). Se debe evaluar separadamente y adicionarse al final del tiempo en proporción al número de ocurrencias.

Los tiempos de cada elemento son sumados y el total se escribe en la casilla correspondiente de la parte inferior de la hoja del estudio de tiempos (diagrama No. 2). El número de observaciones involucrado en este total se escribe en la casilla asignada y luego la frecuencia de ocurrencia (factor de prorrateo). El tiempo total se divide por el producto del número de observaciones y la frecuencia; con lo que se obtiene el tiempo que se debe cargar a cada elemento.

Valoración de la Ejecución de un Trabajo.

Dado que es obvio, que en todas las situaciones - reales el trabajador observado ni es del tipo especificado por la definición del estándar, ni está trabajando al ritmo requerido por la ejecución estándar, consecuentemente surgen dos preguntas:

1. Como evaluar la ejecución del trabajo observado y como comparar con los requerimientos dados en la definición de estándar, usada como base de la medición.
2. Como reducir esta evaluación a un valor matemático (factor M), que permita el ajuste (si es necesario) de los valores representativos del tiempo obtenido y así determinar una base para el tiempo estándar.

El resultado del ajuste hecho por la valoración - no incluirá la proporción del tiempo durante el - cual el operador estará separado del lugar de trabajo, para atender necesidades personales o para realizar actividades tales como: Limpieza del lugar de trabajo al terminar el turno, etc. (factor A) y las cuales deben adicionarse para obtener el tiempo estándar.

Al valor del tiempo ya normalizado se le llama - tiempo normal o tiempo base. A esta etapa del es

tudio de tiempos se le considera la más importante y la más difícil, ya que el analista debe juzgar la velocidad del operario, mientras se efectúa el estudio.

La valoración es el proceso durante el cual el analista compara la velocidad del operario bajo observación, con su propio concepto de actuación normal.

Dado que este aspecto es meramente apreciativo, se han hecho muchas investigaciones para normalizar dicha apreciación y se han publicado diferentes métodos; siendo el de mayor uso el de "velocidad normal igual a 100%". En este método como su nombre lo dice, la velocidad normal es igual al 100% de la escala de valoración. Cuando se utiliza esta escala se espera que la velocidad media con incentivos de producción (rendimiento) estará entre el 115 y el 145%, siendo la media para la totalidad del grupo, el 130%. Esto significa que los operarios que producen diariamente de un 15 a un 45% más de lo normal, ganarán una prima extraordinaria del 15 al 45%, por esta actuación extraordinaria.

Una vez que se ha estimado el factor de valoración, se aplica al tiempo promedio, con objeto de obtener el tiempo normal. Supongase que en una determinada operación, el operador tuviera una ve

locidad regular a través de la totalidad del ciclo y del estudio, y que el tiempo total promedio fuera 0.80 minutos; con un factor de valoración para el estudio de 110%, el tiempo base sería:

$$\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo Promedio} \times \frac{\text{valoración en porcentaje}}{100}$$

$$= 0.80 \times \frac{110}{100} = 0.88 \text{ min.}$$

El tiempo normal no contiene ningún suplemento, ya que este es meramente, el tiempo que necesitaría un operario calificado para ejecutar la tarea, si trabajara a una velocidad normal; no obstante no se espera que una persona trabaje todo el día sin alguna interrupción, debido a que el operario gastará cierto tiempo en sus necesidades personales, en descansar y por razones fuera de su control. Para estas interrupciones en la producción, existen los suplementos que se pueden clasificar como sigue:

1. Suplementos por características del proceso.
2. Suplementos por descanso y necesidades personales.
3. Suplementos especiales.

El tiempo estándar ha de incluir tiempo para todos los elementos de la operación y además para todos los suplementos necesarios.

Debemos aclarar que los suplementos no forman parte de la valoración, por lo que ambos aspectos se deben manejar por separado.

El tiempo improductivo del operario o de la máquina en el curso de una operación, bien sea durante un ciclo o entre dos ciclos, puede obedecer a varias causas. Por parte del operario pueden deberse a:

- A. Tener que esperar la terminación de un ciclo de la máquina o que otro operario termine su parte de trabajo.
- B. Tener que descansar para reponerse del esfuerzo realizado.
- C. Tener que satisfacer sus necesidades personales, como ir al baño, lavarse, beber agua, etc.
- D. Tener que esperar: El material, la reparación de una máquina, la inspección u otras causas ajenas a su voluntad.

Las causas del tiempo improductivo de una máquina o instalación pueden ser consecuencia de los puntos B, C y D o también de:

- E. Estar ocupado el operario en cargar o descargar la máquina o en otras tareas necesarias para la operación y que no es posible ejecutar mientras funciona la máquina.

F. Tener el operario a su cargo varias máquinas, por lo cual mientras atiende una, otra se para y queda inactiva hasta que el operario termina la tarea que está realizando.

Además del tiempo improductivo por las causas mencionadas, hay ciertas actividades relacionadas con las instalaciones y la maquinaria, y con frecuencia ciertas tareas manuales que, si bien no forman parte del ciclo de trabajo, son esenciales para la terminación del mismo, por ejemplo: Preparar la maquinaria o los lugares de trabajo; limpiar las máquinas o instalaciones entre una y otra tarea; recoger materiales, etc.

Antes de establecer cualquier suplemento es preciso examinar todos los tiempos improductivos para ver si es posible suprimirlos, como serían los datos en el punto D, y los cuales pueden y deben ser corregidos y evitar su repetición; ya que generalmente no se conceden suplementos por estas causas.

Suplementos por Características del Proceso.

Este suplemento es el margen de tiempo que se concede para compensar la inactividad forzosa (y por consiguiente, la merma de ingresos), del operario

debida a la naturaleza misma del proceso o de la operación que ejecuta. Suele preverse para compensar posibles pérdidas de ingresos cuando el operario tiene que permanecer inactivo, por causas ajenas a su voluntad, por una de las siguientes razones:

1. Cuando el operario atiende una sola máquina que funciona automáticamente durante parte del ciclo de trabajo.
2. Cuando los operarios controlan el proceso y tienen por misión principal observar la marcha del mismo o de los instrumentos que lo registran, con instrucciones de actuar solamente si se producen ciertos cambios en el funcionamiento, el estado del proceso o en las indicaciones de los instrumentos.
3. Cuando varios operarios forman un grupo de trabajo en mutua dependencia y es imposible nivelar las tareas de cada uno de ellos, de suerte que algunos quedan inactivos durante algunos períodos del ciclo de trabajo.

Este tipo de suplementos son generalmente indispensables cuando se aplican sistemas de incentivos por rendimiento. Si el tiempo asignado se basa exclusivamente en el tiempo en que el operario está efectivamente ejecutando algún trabajo, bien

sea cargando, descargando o manipulando una máquina, perderá la mayor parte de las primas percibidas por trabajar más, a no ser que se le conceda algún margen para compensar el tiempo que permanece inevitablemente inactivo mientras la máquina o la instalación funciona automáticamente. Si el período de inactividad constituye una proporción importante del ciclo, deberá asignarse al operario otra máquina análoga o, si no hubiera máquina disponible, un trabajo manual durante ese período. Por consiguiente, se concede con mayor frecuencia este suplemento, cuando la interrupción del trabajo representa una proporción del ciclo, demasiado breve para que el operario pueda efectuar otra tarea, pero suficiente para afectar sus ingresos.

Suplementos por Descanso y por Necesidades Personales.

El suplemento por descanso es el margen de tiempo que se añade al tiempo normal (calculado generalmente en porcentaje) para proporcionar al trabajador la oportunidad de recuperarse de los efectos fisiológicos del gasto de energía, inherente a la ejecución de un trabajo especificado en condiciones determinadas, y para atender sus necesidades

personales.

Este suplemento permite resolver el segundo y ter
cer casos de tiempo improductivo imputable al ope
rario, mencionados en los puntos B y C. El suple
mento por descanso es con frecuencia la única ad
ción considerable al tiempo normal.

En el estudio de métodos, que debe efectuarse an
tes de cronometrar la tarea, la energía necesaria
para ejecutar la operación ha quedado reducida al
mínimo gracias a métodos perfeccionados, basados
en normas de economía de movimientos o mediante -
la mecanización, siempre que sea factible, de to
dos los trabajos realmente pesados, pero todavía
existirá un gasto de energía que hay que reponer
y para ello se asigna el suplemento por fatiga.

Fatiga es un estado de lasitud física o mental, -
real o imaginaria, de una persona y que influye
adversamente en su capacidad de trabajo.

Los efectos de la fatiga pueden aminorarse por me
dio de períodos de descanso, durante los cuales -
el cuerpo se repone del esfuerzo realizado, o re
duciendo el ritmo de trabajo y por consiguiente -
el consumo de energía.

Pese a los estudios que se han efectuado a este -
respecto, la asignación de suplementos por tal -
causa siguen basándose en gran parte en conjetu--

ras. Se han establecido muchas escalas de suplementos para diversos tipos de actividad en condiciones de trabajo distintas; el propósito de todas ellas es lograr cierto grado de coordinación entre las medidas encaminadas a que el operario se reponga de la fatiga. Todos coinciden en la necesidad de tales medidas, muchas de las cuales parecen dar buen resultado en la práctica.

Tal vez lo único realmente importante es que el sistema de suplementos por descanso sea objeto de negociación y acuerdo entre todos los interesados o sus representantes. Los suplementos por descanso se calculan como porcentajes del tiempo normal. Cuando varía mucho el esfuerzo necesario para ejecutar los diversos elementos de una tarea (por ejemplo si es preciso colocar una pieza pesada en una máquina al comienzo de una tarea y retirarla al terminar la misma), suele añadirse a cada elemento el suplemento que se estime necesario para el mismo. Esto permite también asignar a un elemento irregular un suplemento distinto del que corresponde a los elementos regulares.

La práctica muestra que incluso en trabajos relativamente ligeros, los suplementos por descanso pueden representar cerca del 12% del tiempo normal y en trabajos pesados pueden llegar al 20% o

más. Esto quiere decir que se asignan al trabajador períodos de descanso que suman de 1 a 1 1/2 horas, en la jornada de 8 horas de trabajo. Plan teada la situación en tales términos, muchos jefes de empresa calificarán de absurda e innecesaria tal proporción de descanso; dirán incluso que sus trabajadores no han tomado tanto descanso, y es casi seguro que se equivocan.

En casi todas las fábricas y en otros establecimientos donde se trabaja a destajo, hay siempre algunos operarios muy activos que, interesados en incrementar sus ingresos, apenas toman descanso o no descansan nada. Naturalmente, ganan primas ma yores que sus compañeros, pero su vigor y resistencia son también superiores a los del promedio. El trabajador medio, para el que se fijan los tiempos estándar, necesita períodos de descanso adecuados si es que ha de mantenerse día tras día su ritmo de trabajo durante todo el año. Habitualmente descansa haciendo breves pausas durante la jornada, unos minutos aquí y otros allá, que apenas se notan individualmente, pero que agregados, representan aproximadamente el suplemento asignado a la tarea.

No hay regla fija sobre como ha de tomarse el des canso; está comprobado que el operario tarda más

en experimentar la fatiga tomando descansos breves y frecuentes, que con períodos de descanso - largos a intervalos menos frecuentes.

Es opinión generalmente aceptada que el operario descansa más utilizando los descansos aprobados - por la dirección, que haciendolo a "escondidas" - cuando no lo ve el supervisor; una de las ventajas de fijar debidamente los tiempos estándar, es que proporcionan al operario un objetivo de rendimiento que debe conseguir en la jornada; si lo logra, nadie podrá acusarlo de ociosidad por hacer una pausa para descansar, pero no podrá justificarse en ausencia de ese objetivo.

Es corriente interrumpir el trabajo durante diez minutos o un cuarto de hora a la mitad de la mañana y/o de la tarde y dar facilidades para tomar - café o refrescos y bocadillos, permitiendo que el operario tome el tiempo restante del descanso que le corresponda cuando lo estime más conveniente. Ha quedado ampliamente demostrado que los períodos de descanso bien organizados son beneficiosos, por las razones siguientes:

- Permiten aumentar el trabajo diario sin fatigar indebidamente al trabajador.
- Son del agrado de los trabajadores, pues rompen la monotonía de la jornada.
- Reducen las oscilaciones en el rendimiento diario

rio del operador y tienden a mantenerlo alrededor del rendimiento máximo.

- Reducen el tiempo utilizado para necesidades personales durante las horas de trabajo.

Hay mucho de verdad en el dicho "un cambio vale tanto como un descanso". Si es conveniente que el operario que trabaja de pie todo el día, se siente de vez en cuando, también lo es que el que trabaja sentado, se levante de cuando en cuando y dé algunos pasos. Es aconsejable algunas veces encomendar trabajos secundarios al operario que trabaja normalmente sentado, para dar así un poco de variedad a su trabajo.

Los suplementos por descanso pueden ser de dos clases: Constantes y variables; y ambos dependen de diferentes factores, los cuales hay que considerar para fijarlos. Los suplementos constantes se componen de dos suplementos: El de necesidades personales y el destinado a recuperar las energías aún cuando no se trabaje. En el primero se incluye la satisfacción de necesidades personales, como lavarse, ir al baño, tomar agua, etc. Las cifras relativas a uno u otro suplemento varían según las condiciones de trabajo y el sexo del operario; por ejemplo, el suplemento por necesidades personales de las mujeres deberá ser más

largo, que el de los hombres.

Los suplementos variables se asignan por factores que varían de una tarea a otra. La siguiente lista contiene la mayoría de los factores que probablemente será preciso considerar:

- A. Trabajo de pié.- Se concede este suplemento cuando es indispensable que un operario ejecute su trabajo de pié; sin embargo, siempre que sea posible deberá proporcionarsele un asiento.
- B. Trabajo en postura Anormal.- La postura normal del trabajador en la mayoría de los países es de pié o sentado, por lo tanto otras posturas pueden considerarse anormales y será preciso conceder suplementos proporcionales al esfuerzo que representen.
- C. Uso de fuerza o energía muscular.- Se concede este suplemento para permitir levantar o llevar pesos de la forma más conveniente. Conforme aumenta la carga es conveniente, tanto por razones de economía, como de humanidad, proporcionar ayuda mecánica.
- D. Mala iluminación.- Si la iluminación es inferior a la recomendada y no es posible mejorarla, deberá asignarse un suplemento proporcional al esfuerzo adicional necesario.

E. Condiciones atmosféricas.- Cuando un ser humano ejecuta un trabajo físico, ocurren cambios en su organismo que dependen de la naturaleza del trabajo y de la cantidad de energía consumida para realizarlo. En general el cuerpo humano genera calor, cuyo exceso se elimina gracias a la transpiración. La proporción en que se efectúa esta pérdida de calor depende de varios factores, entre ellos los siguientes:

- La temperatura del medio ambiente.
- La humedad del ambiente.
- La velocidad de movimiento del aire.
- La presencia de cuerpos que desprenden calor: máquinas, paredes, etc.

Los tres primeros factores pueden evaluarse mediante el termómetro de bulbo húmedo de Kata, instrumento que nos indica la proporción en que la atmósfera absorbe calor, expresándola en milicalorías por centímetro cuadrado y segundo. Cuanto mayor sea la cifra que marque este termómetro, más cómodas serán las condiciones de trabajo.

Cuando el termómetro de Kata marque 2 es improbable que un operario pueda llevar a cabo trabajo alguno puesto que el cuerpo humano no

puede eliminar más calor cuando trabaja, que cuando descansa. Como podrá observarse en las tablas de suplementos que se darán, cuando el índice de enfriamiento sea 2, será necesario descansar durante el 100% del turno, o sea que no es posible trabajar y debe tenerse presente que únicamente será posible descansar de un trabajo realizado en condiciones atmosféricas anormales, si el descanso se toma en condiciones distintas (normales).

Es evidente que cuando sea preciso conceder suplementos de esta naturaleza para compensar las condiciones atmosféricas, interesará al empleado, desde el punto de vista económico, disponer de instalaciones adecuadas para el acondicionamiento del aire. Cabe señalar que incluso si no se conceden oficialmente esos suplementos, los operarios tomarán lo mismo el descanso correspondiente, puesto que la resistencia humana tiene sus límites.

- F. Concentración intensa. - Fatiga la vista tener que prestar una atención intensa al trabajo o al instrumento que se utiliza, como en trabajos de alta precisión.
- G. Ruido. - Causan fatiga y tensión los ruidos fuertes que se repiten a intervalos irregula-

res.

H. Tensión mental. - Una concentración prolongada, como cuando se trata de recordar un proceso largo y complicado, pueden ser causa de tensión mental. También puede existir esa tensión si el operario atiende varias máquinas, como en la industria textil y ello produce una sensación de ansiedad.

I. Monotonía. - Suele ser el uso reiterado de determinadas facultades mentales. Ocurre con mayor frecuencia en los trabajos rutinarios. Debe preverse la posibilidad de cambiar de trabajo.

J. Tedio. - Es el cansancio que produce la repetición de los mismos movimientos en diversas clases de trabajos. El estudio de métodos tiende a hacer el trabajo más aburrido para los operarios calificados, pero frecuentemente permite asignar las tareas más sencillas a los trabajadores menos calificados. Deberá ponerse mucho cuidado, en todo momento, en la selección de los operarios. Se mitiga el aburrimiento colocando a los trabajadores, especialmente si son mujeres, de forma que puedan charlar de vez en cuando mientras trabajan.

En el cuadro No. 1, se da un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales.

CUADRO 1. -- EJEMPLO DE UN SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO EN PORCENTAJES DE LOS TIEMPOS NORMALES

1. SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombres	Mujeres
Suplemento por necesidades personales	5	7	
Suplemento base por fatiga	4	4	

2. SUPLEMENTOS VARIABLES		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie			
	2	4	
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incómoda	0	1	
Incómoda (inclinado)	2	3	
Muy incómoda (echado, estrizado)	7	7	
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (Levantar, tirar o empujar)			
<i>Peso levantado en kilos</i>			
2,5	0	1	
5	1	2	
7,5	2	3	
10	3	4	
12,5	4	6	
15	5	8	
17,5	7	10	
20	9	13	
22,5	11	16	
25	13	20 (máx.)	
30	17	--	
35,5	22	--	
D. Mala Humiliación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	
Bastante por debajo	2	2	
Absolutamente insuficiente	5	5	

E. Condiciones atmosféricas (Calor y humedad)		Suplemento	
<i>Índice de enfriamiento en el laboratorio húmedo de Kula (Milli calorías/cm²/segundos)</i>			
16		0	
14		0	
12		0	
10		3	
8		10	
6		21	
5		31	
4		45	
3		64	
2		100	

F. Concentración intensa		Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precisión	0	0	
Trabajos de precisión o fatigosos	2	2	
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5	

G. Ruido		Hombres	Mujeres
Continuo	0	0	
Intermitente y fuerte	2	2	
Intermitente y muy fuerte (Estridente y fuerte)	5	5	

H. Tensión mental		Hombres	Mujeres
Proceso bastante complejo	1	1	
Proceso complejo u atención dividida entre muchos objetos	4	4	
Muy complejo	8	8	

I. Monotonía		Hombres	Mujeres
Trabajo algo monótono	0	0	
Trabajo bastante monótono	1	1	
Trabajo muy monótono	4	4	

J. Tedio		Hombres	Mujeres
Trabajo algo aburrido	0	0	
Trabajo aburrido	2	1	
Trabajo muy aburrido	5	2	

Suplementos Especiales.

Pueden concederse suplementos especiales para actividades que normalmente no forman parte del ciclo de actividades, pero que son esenciales para la buena ejecución del trabajo. Tales suplementos pueden ser permanentes o temporales, lo que deberá especificarse. En la medida de lo posible, esos suplementos deberán determinarse mediante un estudio de tiempos o de la producción.

Por ejemplo, las interrupciones de la maquinaria causan pérdida de producción, por que una máquina se para mientras el operario está ocupado con la detención de otra; por lo tanto, si no se concede un suplemento especial, el total de la producción no reflejaría el rendimiento real del operario, - pese a que éste haya trabajado constantemente a su ritmo habitual.

Suplementos Discrecionales.

Este tipo de suplementos son los que la Dirección estime necesarios conceder, además de los asignados en virtud de las características del trabajo en cuestión.

Este tipo de suplemento puede ser del tipo temporal y ser concedido por situaciones anormales, co

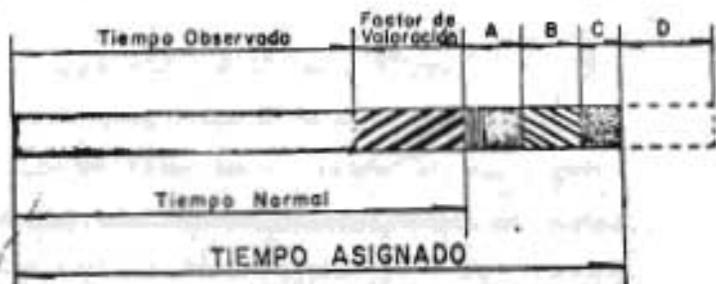
no sería por la mala calidad del material o por -
que una parte determinada de las instalaciones -
funciona mal. Se asignarán tan sólo mientras du-
re la anomalía.

A título de aliciente, también pueden concederse
suplementos, que se denominan suplementos de -
aprendizaje, a los operarios nuevos mientras ad-
quieren plena pericia en la ejecución de su traba-
jo. Suelen asignarse suplementos análogos duran-
te las primeras semanas de la aplicación de un -
nuevo estudio de tiempos a fin de compensar a los
operarios mientras se habitúan al nivel convenido
de rendimiento.

Tiempo Estándar.

Ahora podemos hacernos una idea completa del tiem-
po asignado a una operación y en donde éste es el
que se establece como tiempo estándar de la misma.
Está integrado por el tiempo normal total de la -
operación, más todos los suplementos, con excep-
ción del suplemento discrecional.

En la figura 16 se representa gráficamente el -
tiempo estándar y el cual es medido por lo gene-
ral en minutos estándar.



- A = Suplementos por descanso.
- B = Suplementos por características del proceso.
- C = Suplementos especiales.
- D = Suplementos discrecionales.

FIGURA No. 36

Ahora con el fin de comprender mejor toda la técnica del estudio de tiempos con cronómetro, analizaremos el ejemplo que se mencionó con anterioridad y el cual consiste en una línea de empaque de productos farmacéuticos, en donde se tapa un frasco con producto, se coloca en una cajita de cartoncillo y se deposita en una mesa banda.

En el diagrama No. 1 se muestra el estándar práctico escrito de la operación, y en el diagrama No. 2 se muestra el estudio de tiempos, y el cual fué efectuado con cronómetro y siguiendo el método de tiempos continuos y que fué explicado anteriormente (los tiempos están en centésimas de minuto). Este estudio constó de la medición de 30 ciclos de trabajo y se estimó un factor de valoración

ción de la velocidad de 115%. Los suplementos - que se consideró que aplicaban, fueron los personales y los de fatiga; estos suplementos fueron - obtenidos del cuadro No. 1 y los cuales corresponden a un 9% del tiempo normal; con lo que se obtiene un tiempo estándar para esa operación de - 0.2171 min.

ELEMENTOS	CICLOS																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Nº Punto Final	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
1	25.2	25.3	25.1	25.2	25.4	25.3	25.1	25.0	25.2	25.3	25.1	25.2	25.3	25.4	25.3	25.1	25.2	25.3
2	25.1	25.2	25.4	25.3	25.2	25.1	25.0	25.2	25.3	25.1	25.2	25.3	25.4	25.3	25.1	25.2	25.3	25.4
3	25.1	25.2	25.2	25.3	25.2	25.1	25.0	25.2	25.3	25.1	25.2	25.3	25.4	25.3	25.1	25.2	25.3	25.4
4																		
5	1	25.4	25.3	25.4	25.3	25.2	25.1	25.0	25.2	25.3	25.1	25.2	25.3	25.4	25.3	25.1	25.2	25.3
6	2	25.2	25.3	25.4	25.3	25.2	25.1	25.0	25.2	25.3	25.1	25.2	25.3	25.4	25.3	25.1	25.2	25.3
7	3	25.4	25.3	25.4	25.3	25.2	25.1	25.0	25.2	25.3	25.1	25.2	25.3	25.4	25.3	25.1	25.2	25.3
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		

ELEMENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tiempo Total en μ	1.761	1.356	1.676												
Núm. de Observaciones	30	30	30												
Frecuencia/Ciclo	1	1	1												
Tiempo promedio/Ciclo	0.0587	0.0452	0.0559												
Factor de Valoración	1.15	1.15	1.15												
Tiempo Normalizado	0.0675	0.0519	0.0643												
1 + Suplementos	1.09	1.09	1.09												
TIEMPO ASIGNADO	0.0734	0.0566	0.0701	=	0.211										

SUPLEMENTOS	
PERSONALES	5 %
Material	4 %
	%
	%
TOTAL	9 %

2.3.2 Sistemas de Tiempos Predeterminados.

Los sistemas de tiempos predeterminados empleados en los datos de tiempos para la realización de unidades de trabajo del primer orden, han sido obtenidos de un análisis cuidadoso del trabajo humano. La aplicación de tiempos predeterminados nos conduce a un tiempo estándar predeterminado, y lo cual nos permite estimar el tiempo para la realización de una tarea, antes de que ésta se haya efectuado.

Esta técnica en su forma básica es aplicable primariamente al trabajo repetitivo y es una alternativa para la fijación de estándares de las operaciones en las cuales se utiliza el estudio de tiempos con muestreo intensivo.

Los tiempos predeterminados nos ofrecen las siguientes ventajas:

1. En trabajos repetitivos nos da un estimado de los requerimientos en personal, equipo y espacio, antes de iniciar la producción o de instalar el equipo.
2. Comparar el tiempo para métodos alternos propuestos para la realización de un trabajo, con lo que se obtiene un análisis económico de las propuestas antes de construir el equipo o antes de iniciar la producción.

3. Desarrollar distribuciones de planta tentativas para líneas de trabajo antes de su construcción, con objeto de minimizar arreglos - y/o balanceos subsecuentes.
4. Construir tablas de tiempos predeterminados - para unidades de trabajo de un más alto orden.
5. Determinar tiempos estándar de trabajo.

En adición a estas ventajas, los tiempos predeterminados nos proporcionan una base independiente - para el chequeo de los estándares obtenidos por - estudios de tiempos directos, aunque algunas veces no existe concordancia entre ambos estudios, estas diferencias deben servirnos para aumentar - la comprensión de la tarea y obtener el tiempo es tándar correcto.

Para poder aplicar los tiempos predeterminados a las diferentes tareas, los datos deben ser desarrollados en términos de unidades de trabajo muy pequeños como fué el caso de los therbligs. Se ha determinado que el tiempo para los therbligs - es función de:

- A. La distancia.
- B. Complejidad de la acción.
- C. Partes del cuerpo involucradas.
- D. Si el uso de los pies acompaña la acción.

- E. La coordinación requerida de manos y ojos.
- F. Requerimientos sensoriales.
- G. El peso o resistencia involucrados y el porcentaje de tiempo involucrado.
- H. Los therbligs antecedentes y precedentes.
- I. La dirección del movimiento.
- J. El lugar del therblig en el método de movimientos.
- K. El número de therbligs en el método y el tiempo del método que será realizado.
- L. Las interacciones posibles de dos variables.

Existen varios sistemas de tiempos predeterminados de uso común y sus diferencias son en los siguientes aspectos:

1. El número de variables de la lista anterior y los cuales son considerados de diferentes formas.
2. La forma de ajuste para esas variables.
3. Las suposiciones concernientes a la independencia de los tiempos individuales de los movimientos.
4. El nivel de ejecución en los cuales los valores de tiempo están basados (normal o para incentivos).
5. La forma de clasificar los movimientos (therbligs, grupos de therbligs o movimientos del

cuerpo).

Cada uno de estos sistemas de datos consiste de:

1. Un sistema de notación para describir el trabajo que se está estudiando.
2. Un conjunto de tablas con valores del tiempo ordenados de una forma determinada por las categorías del sistema de notación utilizada.
3. Un conjunto de reglas o convenciones para usar las tablas de una forma consistente.

Dado que existen varios sistemas de tiempos pre-determinados con sus consabidas consideraciones, en este trabajo mostraremos uno de los sistemas más comunes y el cual es el MTM (Methods-Time-Measurement).

El sistema MTM se desarrolló a partir del estudio de movimientos de las operaciones industriales mediante película y los tiempos estándar se publicaron por primera vez en 1948, sus creadores fueron H.B. Maynard, G.J. Stegemerten y J.L. Schwab. Se define este sistema como un procedimiento en el cual se analiza toda operación o método manual con respecto a los movimientos básicos que se precisen para realizarlo, asignando a cada movimiento un tiempo estándar predeterminado, y que es función de la naturaleza del movimiento y de las

condiciones en las cuales se realiza.

En las Tablas I a X se dan los tiempos de los movimientos para cada elemento básico. La unidad de tiempo empleada es el TMU (Time-Measurement-Unit) y equivale a 0.00001 hr. ó 0.0006 min.

A continuación se dará la descripción de cada elemento básico y con su respectiva tabla de tiempos.

Dirigirse hacia.- Es el elemento básico empleado cuando el objetivo predominante es mover la mano o el dedo hacia su destino. El tiempo para este elemento es función de los siguientes factores:

- A. Condiciones (naturaleza del destino).
- B. Longitud del movimiento.
- C. Tipo de "Dirigirse Hacia".

Clases de Dirigirse Hacia.- Hay cinco clases de "Dirigirse Hacia". En el tiempo necesario para este elemento, se incluye la naturaleza del objeto hacia el cual se dirige el movimiento.

La longitud de un movimiento es la trayectoria verdadera y no la línea recta definida por sus puntos extremos.

Hay que considerar tres tipos de "Dirigirse Hacia":

1. La mano no está en movimiento ni al comienzo, ni al final del elemento.

2. La mano está en movimiento al inicio o al final.
3. La mano está en movimiento, tanto al comienzo, como al final del elemento.

Tabla I.- Dirigirse hacia (R)

Distancia recorrida (en cm)	Tiempo TMO				Moto en movimiento		CASO Y DESCRIPCIÓN
	A	B	C o D	E	A	B	
18 a 20 cm	1.8	2.2	1.0	1.8	1.8	1.8	A Dirigirse hacia un objeto que está en una posición fija, o en la otra mano, o sobre el cual descansa la otra mano.
30 a 35	2.5	3.3	2.6	2.4	2.3	2.7	
45 a 50	4.8	4.8	3.8	3.8	3.6	3.7	
60 a 65	5.3	5.3	4.3	4.3	4.5	4.8	B Dirigirse hacia un objeto para el cual se puede hacer ligeramente de un lado a otro.
75 a 80	6.7	6.4	5.4	5.4	5.6	6.2	
90 a 95	8.3	8.3	6.4	6.4	6.7	7.3	
105 a 110	9.8	9.8	8.1	8.1	8.3	8.7	C Dirigirse hacia un objeto asociado con otro, siendo necesario tocar y seleccionar.
120 a 125	11.5	11.5	9.3	9.3	9.5	10.1	
135 a 140	13.2	13.2	10.3	10.3	10.5	11.1	
145 a 150	14.7	14.7	11.8	11.8	12.0	12.6	D Dirigirse hacia un objeto muy pequeño o que es necesario sujetar con precisión.
155 a 160	16.2	16.2	13.4	13.4	13.6	14.2	
165 a 170	17.7	17.7	14.9	14.9	15.1	15.7	
175 a 180	19.2	19.2	16.4	16.4	16.6	17.2	E Dirigirse hacia una situación indeterminada o fin de organizar el espacio del cuerpo, para realizar el movimiento siguiente, o para causar la mano desde la que se retira.
185 a 190	20.7	20.7	17.9	17.9	18.1	18.7	
195 a 200	22.2	22.2	19.4	19.4	19.6	20.2	
205 a 210	23.7	23.7	20.9	20.9	21.1	21.7	
215 a 220	25.2	25.2	22.4	22.4	22.6	23.2	

Mover.- Es el elemento básico utilizado cuando - el objetivo predominante es transportar un objeto hacia su destino y existen tres clases de mover. El tiempo para mover está afectado por las siguientes variables:

- A. Condición (naturaleza del destino).
- B. Longitud del movimiento.
- C. Tipo de "mover".
- D. Factor peso (estático y dinámico).

En el tiempo para mover influye la longitud, lo mismo que en "Dirigirse Hacia", y los tres tipos de mover son los mismos que los que tienen en "Dirigirse Hacia". Cuando se mueve un objeto o se aplica una fuerza superior a 1 Kg., se requiere un tiempo adicional como se indica en la Tabla II.

Tabla II.- Mover (M)

Distancia recorrida (en mm)	Tiempo TMU				Suplemento por peso			CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C	peso más de 1 Kg.	Factor	Constante TMU		
10 o menos	2.0	2.0	2.0	1.7	1.13	0	9	A Mover el objeto a la otra mano, o contra un tope.
25.4	2.5	2.0	3.4	2.3				
50.8	3.5	4.8	3.7	3.0	2.40	1.00	3.3	
76.2	4.9	3.7	6.7	3.6				
101.6	5.1	4.8	8.0	4.3	3.67	1.11	3.9	
127	7.3	6.0	9.2	5.0				
152.4	8.1	8.9	10.3	5.7	3.90	1.17	5.6	
177.8	8.9	9.7	11.3	6.5				
203.2	9.7	10.6	11.8	7.3				
228.6	10.5	11.5	12.7	7.9	10.30	1.23	7.4	
254	11.3	12.3	13.3	8.6				
304.8	12.9	13.4	15.2	10.9	12.67	1.30	9.1	
355.2	14.4	14.4	16.9	11.4				
405.6	16.0	15.8	19.7	12.6	25.60	1.33	10.8	
457.2	17.4	17.0	20.4	14.2				
508	19.2	18.2	22.1	15.6				
558.8	20.8	19.4	23.8	17.0	17.0	1.30	12.3	
609.2	22.4	20.6	25.5	18.4				
660.4	24.0	21.6	27.3	19.8	19.20	1.44	14.3	C Mover el objeto hasta una situación exacta.
711.2	25.5	23.1	29.0	21.2				
762	27.1	24.3	30.7	22.7	31.50	1.50	16.8	

Girar.- Es el movimiento para girar la mano, muñeca o cargada, mediante un movimiento de rotación de la mano, muñeca y antebrazo, alrededor del eje de éste. El tiempo para girar depende de dos variables: grados de giro y peso, según se indica en la Tabla III.

Tabla III.- Girar y aplicar presión (T y AP)

Tamaño Pa.	Tiempo TMU por grado de giro											
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°	195°
Pequeño 0.8 a 1.21	3.0	3.3	4.1	4.8	5.5	6.1	6.8	7.5	8.2	8.7	9.4	10.1
Medio 1.25 a 1.81	4.4	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2
Grande 1.8 a 25.2	8.4	10.4	12.4	14.4	16.4	18.4	20.4	22.4	24.4	26.4	28.4	30.4
Aplicar presión caso 1-16.2 TMU						Aplicar presión caso 2-10.6 TMU						

Coger.- Es el elemento básico empleado cuando - el objetivo preponderante es asegurar un control suficiente de uno o más objetos, con los dedos o con la mano, a fin de permitir la ejecución del elemento básico siguiente. Las clases de coger, con la descripción y los valores del tiempo de - cada una de ellas, puede verse en la Tabla IV.

Tabla IV.- Coger (G)

Caso	Tiempo TMU	DESCRIPCIÓN
1a	3.0	Caja -Objetos pequeños, esféricos o grandes, sólidos, y que pueden salir fácilmente.
1b	4.3	Objetos muy pequeños o que salen fácilmente sobre una superficie plana.
1C1	7.3	Objetos esfericamente cilíndricos, con interferencia en la parte inferior o en un costado. Diámetro menor de 12.7 mm.
1C2	8.7	Objetos esfericamente cilíndricos, con interferencia en la parte inferior o en un costado. Diámetro compuesto entre 12.7 y 4.31 mm.
1C3	16.2	Objetos esfericamente cilíndricos, con interferencia en la parte inferior o en un costado. Diámetro mayor de 4.31 mm.
2	4.4	Vases o pines.
3	4.8	Caja con interferencia.
4a	7.3	Objetos esfericamente con otros, siendo necesario mover y seleccionar. Dimensiones mayores de 25.4 x 25.4 x 25.4 mm.
4b	8.7	Objetos esfericamente con otros, siendo necesario mover y seleccionar. Dimensiones requeridas entre 6.1 x 6.1 x 6.1 y 25.4 x 25.4 x 25.4 mm.
4c	16.2	Objetos esfericamente con otros, siendo necesario mover y seleccionar. Dimensiones menores de 6.1 x 6.1 x 6.1 mm.
5	8	Coger por contacto, por deslizamiento o por pelitos.

Posicionar.- Es el elemento básico usado para alinear, orientar y encajar un objeto con otro, siempre que los movimientos empleados sean tan pequeños que no justifiquen su clasificación como otros movimientos básicos. En el tiempo para posicionar influyen: Clases de ajuste, simetría y facilidad de manejo.

Tabla V.- Posicionar* (P)

Clase de ajuste		Simetría	Fácil de manejar	Difícil de manejar
1.-Fácil	No se requiere ajuste particular.	0	10.0	11.2
		50	11.1	11.7
		100	11.6	11.8
1.-Ajustado	Hay que ajustar una ligera porción.	0	11.2	11.8
		50	11.7	11.9
		100	11.8	12.0
1.-Difícil	Hay que ajustar gran porción.	0	11.8	12.4
		50	12.3	12.5
		100	12.8	12.6

*Distancia recorrida para el ajuste, 50.0 mm a menos.

Soltar.- Es el elemento básico para que los dedos o mano abandonen el control de un objeto. Las dos clasificaciones de soltar son: soltar normal, mediante simple abertura de los dedos y soltar contacto, comenzando este y terminándose en el instante en que se inicia el "Dirigirse Hacia" siguiente (no se concede tiempo suplementario).

Tabla VI.- Soltar (RL)

Caso	Tiempo TMO	observaciones
1	1.8	Dejar normal, realizar de abriendo los dedos como movimiento independiente.
2	2	Dejar contacto.

Desmontar.- Es el elemento básico empleado para romper el contacto entre un objeto y otro, estando incluido en él un movimiento involuntario resultante del cese súbito de la resistencia. En el tiempo para desmontar influyen las siguientes variables: Clase de ajuste; facilidad de manejo y manejo cuidadoso.

Tabla VII.- Desmontar (D)

Clase de ajuste	Fácil de manejar	Difícil de manejar
1. Fijo - Efecto muy pequeño, combinado con el movimiento si-guiente	4.8	1.7
2. Apretado - Efecto normal con ligero retraso	9.8	11.8
3. Suave - Efecto considerable, con marcado retraso de la mano.	12.8	16.7

Tiempos Visuales.- En muchas tareas, el tiempo que emplea el ojo para moverse y enfocar un objeto no es un factor limitativo, y por consiguiente no afecta al tiempo necesario para la operación. Sin embargo, cuando los ojos dirigen real

mente los movimientos de las manos o del cuerpo, hay que tener en cuenta el tiempo correspondiente o visual. Hay dos tipos de tiempo visual: El de enfoque y el de desplazamiento de la mirada. El tiempo de enfoque es el que necesitan los ojos para enfocar un objeto y mirarlo el tiempo necesario para determinar ciertas características distintas, dentro del área que puede verse sin desplazar la mirada. En el tiempo de desplazamiento influyen la distancia entre los puntos inicial y final de la trayectoria visual y la distancia del ojo a la trayectoria, medida perpendicularmente.

Tabla VIII.- Tiempo de recorrido y enfoque ocular (ET y EF).

<p> $\text{Tiempo para desplazamiento visual} = 0.2 \times \frac{Y}{D} = \text{TMC, con valor máximo de 10 TMU.}$ <p> donde Y = distancia entre los puntos extremos de la trayectoria visual D = distancia del ojo a la trayectoria, medida perpendicularmente. Tiempo para enfoque visual = 1.2 TMU </p> </p>

Movimientos de Cuerpo, Pierna y Pie.- Estos movimientos se describen en la Tabla IX y en la cual figuran además los valores de los tiempos correspondientes a cada uno de ellos.

Tabla IX.- Movimientos del cuerpo, pierna y pie

DESCRIPCION	Símbolo	Distancia	Tiempo TMO
Movimiento del pu.—Otra alrededor del hombro. Con gran peso. Movimiento de la pierna a del suelo.	FM	Hasta 100 mm.	3.3
	FMP		10.1
	LM	Hasta 100 mm. Por cada 25 mm. más	1.3
Paso lateral.—Caso 1. Termina cuando la pierna se coloca sobre en contacto con el suelo.	SS-01	Misma de 200 mm.	Se emplearán los tiempos de dirigirse hacia el sustrato 11.8
		200 mm. Por cada 25 mm. más	3.8
Paso lateral.—Caso 1. La pierna levantada se apoya luego ha de entrar en contacto con el suelo antes de que pueda realizarse el siguiente movimiento.	SS-01	200 mm. Por cada 25 mm. más	14.1
			1.1
Inclinarse, apacharse o arrodillarse sobre una rodilla. Levantarse. Arrodillarse sobre ambas rodillas. Levantarse	S. S. KOK		20.8
	AR. AJ. AKOK		21.8
	R. R.		22.4
	AKKK		24.7
Sentarse. Levantarse desde la posición de sentado. Girar el cuerpo 45° a 90°. Caso 1.—Termina cuando la pierna se coloca sobre en contacto con el suelo. Caso 2.—La pierna levantada se apoya luego ha de entrar en contacto con el suelo antes de que pueda realizarse el siguiente movimiento.	SIT		24.3
	STO		25.4
	TMO1		18.8
	TMO2		22.3
Andar. Andar.	Wd	Por metro	17.8
	WP	Por paso	14.8

Movimientos Limitativos.— En la ejecución de la mayor parte de las operaciones industriales es conveniente que se mueva más de un miembro del cuerpo al mismo tiempo. En términos generales, podemos aproximarnos al procedimiento más eficaz para realizar una operación cuando dos o más miembros del cuerpo se mueven simultáneamente. Si dos o más movimientos se superponen o combinan, todos ellos pueden ejecutarse en el tiempo necesario para realizar el que requiere más tiempo, o sea, el movimiento limitativo. Cuando un miembro del cuerpo realiza dos movimientos a la

su notación será R25M. (La "m" al final nos indica el movimiento de la mano al fin de la trayectoria).

Cuando estos símbolos se anotan, se escriben de manera que indiquen la mano que realiza los movimientos, el orden de estos y los valores del tiempo. Para comprender mejor esta técnica, analizaremos un ejemplo sencillo que consistirá en: La mano izquierda se dirige hacia una tapa de plástico, situada a 30 cm., caso C, y a continuación la coge y la mueve hacia la mano derecha a la que transfiere ("coger por transferencia") la tapa; la mano derecha la "mueve" entonces 10 cm. hasta una situación exacta, en la cual la "pone en posición" (en una botella) y después "deja la carga". La representación sería:

<u>MANO IZQUIERDA</u>	<u>TIEMPO (TMU)</u>	<u>MANO DERECHA</u>
R30C	14.2	
G4A	7.3	
M25A	11.3	
G3	5.6	G3
	5.2	MSC
	5.6	P1SE
	2.0	RL1
	<hr/>	
TOTAL	51.2 TMU	

51.2 TMU = 0.03072 min. = 1.8432 seg.

Otros sistemas de tiempo predeterminados, son el "Work Factor" de Work Factor Company, y el "Human Performance Times" desarrollado por el Dr. I. Lazarus y Marvin E. Mundel.

IV. ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

La Administración se puede definir como "la técnica que busca obtener resultados de máxima eficiencia, por medio de la coordinación de las personas, cosas y sistemas que forman una empresa".

El concepto de empresa - tan discutido y complejo en la actualidad, pero a la vez, cada día más usado - lo expresaremos simplemente como "la unidad de producción de bienes y servicios de un mercado".

1. Implica, ante todo, que se trata de una unidad económica, ya que debe producir algo. Esto significa, que todas las máquinas, todos los sistemas, todos los hombres que en ella laboran, cualquiera que sea la naturaleza de su trabajo, están dirigidos necesariamente a lograr esa producción. No importa que esta unidad de producción sea pública o privada; de lucro o de beneficencia; de manufactura de productos o de servicios: En cualquier supuesto, todo el conjunto de elementos materiales, humanos y administrativos se dirigen a conseguir una producción determinada.

El concepto de la Administración, de hecho, no solamente se reduce a la empresa, agrupación tan típica de nuestra sociedad, sino a toda institución, esto es: A todo grupo humano que de alguna manera está organizado para el logro de un fin, como sería el caso de la Administración Pública, Eclesiástica y Militar. En nuestro caso trataremos la Administración de la empresa.

2. La Administración busca siempre un fin eminentemente práctico: Obtener resultados. Todo el conjunto de sus principios, de sus reglas y de sus instrumentos auxiliares, van orientados precisamente a alcanzar esos resultados. Por ello, si bien existen teóricos en Administración, los principios y reglas que estos formulan, no lo han sido sólo con base en elucubraciones teóricas, sino con fundamento en la experiencia que ellos mismos u otros grandes administradores del pasado, han tenido en diversas empresas como son: Fayol, Taylor, Gantt, Gilbreth, etc. A esas experiencias (y aún a los mismos fracasos que han sufrido), se les aplicó el método científico, para buscar, aislar y enunciar los principios comunes y profundos en que descansan los elementos que explican el progreso y el éxito de las empresas. Pero la Administración, en sí misma, es esencialmente práctica. Si una persona dotada de grandes conocimientos no fuese capaz de obtener resultados, no podría llamarse buen administrador; a lo más sería un mero teórico de la Administración. En cambio, cuando una persona obtiene resultados en su trabajo de dirigir una empresa, no sólo, por supuesto, en el mero aspecto de las utilidades, sino también en otros como la satisfacción del personal, el abatimiento de los costos y la armonización del trabajo de la empresa con el de otras instituciones en la sociedad, aún suponiendo que no hubiera hecho estudios teóricos, puede y debe ser llamado un buen administrador. En realidad ello significa que, a base de una sobresaliente

aptitud innata para los problemas administrativos, a base de saber aprovechar su experiencia y, con más frecuencia de lo que se cree, a base de haber leído o copiado principios y reglas de otros administradores o técnicos en Administración, ha sabido "Obtener Resultados".

Lo anterior implica que hacia ese fin, de obtener resultados, se canalizan todos los elementos, acciones y fuerzas vivas - de la empresa.

3. Máxima eficiencia, en este caso, significa la mejor utilización y aprovechamiento posible de todos los elementos con los que se cuenta en una empresa. Eficiencia, es sinónimo - de rendimiento o productividad, sólo que tiene, a diferencia del segundo de estos términos, un carácter marcadamente activo, (las máquinas "rinden"; solo el hombre "hace o crea") y se distingue del primero, en que la eficiencia siempre se mide contra un estándar teórico, que constituye el 100% de la misma.

Vale la pena hacer notar que aquí se trata de lograr la máxima eficiencia, no a base exclusiva, ni siquiera preferentemente, de mejores máquinas, lo que sería propio de la función ingenieril; ni solo de los mercados, lo que se debería a un técnico en ventas, sino precisamente por el empleo de métodos administrativos más eficientes.

4. Con ello, entraremos al estudio de cuál es la función básica

y esencialmente administrativa. A ello tenemos que responder que lo que constituye la esencia de lo administrativo, - es la coordinación.

Un administrador, cuando actúa precisamente en ese carácter, cuando realiza labores administrativas (que muchas veces, en la pequeña y aún mediana industria, combina con otras técnicas) es cuando coordina. La máxima eficiencia que produce - su labor administrativa es precisamente la que resulta de la coordinación de todos los demás factores: de los hombres, - en sus diversas funciones y niveles; de las máquinas para - que, del modo más adecuado influyan en la creación del producto o del servicio; de los sistemas, para que formen como una gran armonía que logre los mejores resultados y, de estos tres factores entre sí, como sería: La adaptación de - los hombres a las máquinas y de las máquinas a los sistemas. Precisamente la eficiencia administrativa se da, cuando se - evitan "cuellos de botella", cuando la maquinaria y el equipo son adecuados al mercado, cuando la motivación de los hombres sabe aprovechar las máquinas; cuando los planes son - atrevidos, pero realistas, etc.

El Administrador, no lo es precisamente porque sea más apto que los hombres que dirige o manda, en las técnicas encomendadas a cada uno; en realidad, la Administración moderna va exigiendo cada día más especialización y, con ello, va implicando que es imposible que el Gerente de una empresa sepa - más Contabilidad que el Jefe de Contaduría; que sepa más in-

geniería que el Gerente de Planta; etc. Su habilidad es distinta: es hábil para coordinar una serie de elementos humanos y técnicos, encauzando a todos ellos de una manera eficaz para que se logren los resultados que se pretenden. Así en nuestro propio medio, han surgido ya varios Gerentes que pasan de la Dirección de un Banco a la de una empresa industrial, o a la de una cadena de tiendas de comercio, con igual eficiencia y éxito en todas ellas: Su habilidad no era comercial, ni bancaria, ni en una industria determinada, sino administrativa.

5. Los conocimientos que constituyen la Administración son, indiscutiblemente, de carácter técnico, ya que debemos entender por técnica un conjunto armónico de reglas y de instrumentos que sirven para lograr un fin útil. Pueden ser tan sencillos como las reglas e instrumentos de un mecánico para hacer un simple barrenado en una placa o tan complejos como las reglas e instrumentos para dirigir un cohete espacial. Existe la discusión teórica, de si la Administración es más bien una ciencia. Para llegar a una conclusión sobre este problema, sería necesario primero ponernos de acuerdo en el concepto de ciencia que se tenga; pero lo que vale la pena destacar es que si la Administración no es ciencia, indiscutiblemente es científica: Es decir, si ella no consta de un principio, por lo menos utiliza principios de matemáticas, de la psicología y de la sociología, - ciencias indiscutibles - para obtener sus resultados con la máxima eficiencia.

Etapas para todo sistema de Administración

Puesto que la Administración se desarrolla dentro de un proceso concreto, es indispensable dar aquí una idea somera respecto de sus etapas. Aunque el número y aún el nombre de éstas varía, según los autores, lo importante radica en que en ellas se comprendan todos los actos esencialmente administrativos, y que el modo de ordenarlos permita de modo más fácil y práctico, tanto su comprensión, como su aplicación: Se trata en realidad de un mero problema de metodología; por lo que no importa si se divide a la Administración en tres, seis o diez etapas distintas, sino ver si esto ayuda más a una persona concreta a entender, separar y aplicar mejor los principios, reglas y técnicas que usa la Administración, la que, en realidad, forma en todo caso una unidad continua, que nosotros dividimos y separamos para los fines mencionados. Debe notarse, además que ni los pasos se dan exactamente en el orden que presentaremos, ni forzosamente un acto administrativo tendrá las características de un sólo elemento, sino que, frecuentemente, reúne la de varios; esto ocurre, sobre todo, tratándose de aquellos elementos conexos, en los puntos límites de ambos; fácilmente se comprenderá que en muchas ocasiones es difícil dividir un problema concreto en sus distintos aspectos, o determinar si pertenece a uno de ellos, al que le sigue, o a ambos a la vez.

Las anteriores advertencias tienen menos importancia aún, cuando se trata de un sistema y una filosofía, eminentemente dirigida

a lo práctico, como lo es la Administración.

Existen dos aspectos fundamentales en la Administración y que son: La mecánica y la dinámica administrativa. El primero se refiere a investigar, analizar y determinar como debe ser y como debe operar una empresa. Se refiere a la coordinación teórica de las relaciones que deben existir; a la formulación de planes y programas. Lo segundo toca el como se manejarán, o se manejan de hecho, esas relaciones, en forma tal, que produzcan y pongan en acción, eficazmente, los planes, programas y estructuras estudiados y previstos en la primera parte (ver Figura 37).

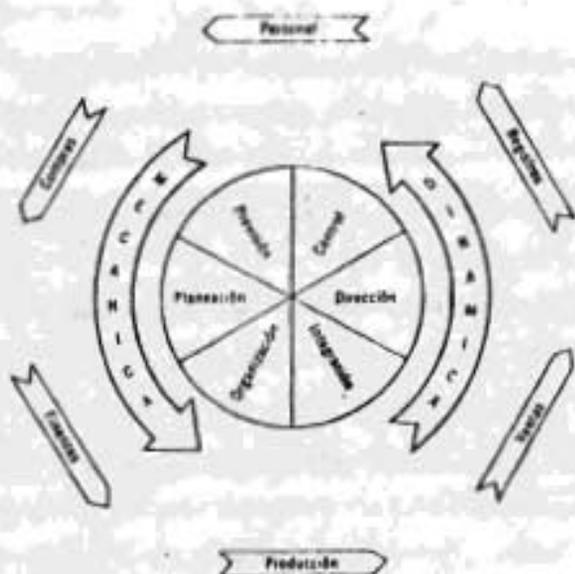


Figura No. 37.

Por supuesto muchas veces existirán necesariamente una doble interacción: La de la teoría, incluyendo la práctica y la realidad; la de la práctica obligando a regresar a la teoría para modificarla, ajustarla y complementarla, de acuerdo con los resultados obtenidos.

La Mecánica Administrativa:

A. El primer elemento es la previsión y se refiere a todo aquello que tiene que fijarse hasta determinar lo que vamos a hacer.

Dentro de la previsión consideraremos tres aspectos principales:

1. Los Objetivos.- La importancia de este aspecto es, obviamente la máxima dentro de un sistema de Administración que, precisamente toma ese nombre como calificativo, porque todo el resto de los elementos, habrán de orientarse por esos objetivos.
2. Las Investigaciones.- No hay empresa moderna que no las realice para saber con que elementos cuenta y, cuales le estorban para alcanzar los objetivos. Así, se investigan los mercados, los créditos, los nuevos productos, los avances técnicos, al personal que se contratará, etc.
3. Las Alternativas.- Todo administrador, en todos sus actos, está vinculado necesariamente, con la toma de decisiones. Y toda decisión implica necesariamente elegir entre dos o más alternativas.

Sin embargo, cabe advertir que los sistemas modernos de Administración, buscan estimular y ayudar a la mente del administrador, para que no se sienta confinado o limitado a escoger entre un "se hace o no se hace", ya que en la mayoría de los casos, hay muchas otras posibilidades, no sólo intermedias, sino aún distintas. Puede decirse que el éxito del administrador moderno radica en gran parte en su habilidad para presentar diversas alternativas, señalando a cada una sus ventajas y sus limitaciones. Esto es mucho más importante cuando se cuenta con todas las técnicas modernas que, a base de métodos cuantitativos, estudian por medio de modelos, de preferencia matemáticos; por medio de simulaciones, etc., las muy diversas alternativas posibles, para escoger la más adecuada.

B. El segundo elemento de la Mecánica Administrativa es la Planeación.

Los planes de tipo administrativo son muy diversos. Todos ellos tienen que ver con la Administración, ya que: En primer lugar se formulan los programas y la esencia de éstos es la fijación del factor tiempo; por lo que el mínimo para actuar dentro de la Administración, radica en fijar tiempos precisos a cada actividad concreta, y asegurarnos después que esos tiempos se cumplan con exactitud. De ahí, que los programas sean una de las actividades esenciales de la Administración.

Uno de los errores más comunes (pero a la vez de los más graves) que suelen cometerse en materia administrativa, consiste en dejar "abierto" el tiempo en cada actividad a realizarse. "Lo más rápido que se pueda", "Lo más pronto posible", "A la mayor brevedad que sea factible", son expresiones muy frecuentemente usadas y, que, pese a que indican aparentemente urgencia, dejan a una interpretación subjetiva el qué debe entenderse por "Pronto, rápido, breve", cuando más efectivo sería decir: "Para hoy mismo", "Para dentro de un mes", "Para el próximo día 15". Los programas establecen, además, para cada tiempo, la lista de funciones y actividades que deben realizarse.

Los presupuestos no son sino planes estimados en cantidades, ya sea que éstas se fijan en números o alguna otra unidad.

Los presupuestos forman uno de los elementos más útiles a la Administración, sea que se fijan con toda precisión y técnica, sea que solo se realicen de una manera bastante general.

Los procedimientos se caracterizan esencialmente por la fijación de los pasos y secuencias, es decir, por el "cómo" - "cuándo", "por qué", "dónde", "quién", etc. concreto de cada actividad.

Las políticas son cursos generales de acción. Son como las llama Terry, "los objetivos en acción". Esto significa que la política contiene, no sólo la orden de alcanzar ese objetivo, sino inclusive, marca los grandes caminos o criterios para hacerlo, en forma de que pueda existir una delegación -

adecuada.

- C. En el aspecto de la organización, existen tres grandes campos:

La determinación y división de las Funciones. Estas tendrán muchas veces que cambiarse o suprimirse, al establecer un sistema de Administración.

La fijación de niveles jerárquicos, lo que equivale a la determinación de la autoridad y responsabilidad correspondiente a cada nivel. Por lo dicho antes sobre, la delegación, se comprende lo indispensable que es esta fijación en el sistema que estudiamos.

Finalmente el análisis de puestos determina las funciones y labores concretas que se encomienda a cada jefe y a cada trabajador.

La Dinámica Administrativa:

Dentro de la Dinámica Administrativa existen tres elementos: La Integración, la Dirección y el Control.

- A. Por cuanto hace a la Integración, ésta comprende los siguientes aspectos básicos:

El reclutamiento y selección del personal adecuado. De alguna manera tendrá que ver con la Administración, ya que una de las principales cosas que ésta puede señalar, exigir, o a

veces realizar, será la de buscar si los hombres, sobre todo los jefes, son adecuados para las tareas que se les encomienden. La introducción consiste en todas las técnicas que buscan que un nuevo trabajador o jefe, sean adecuados a su nuevo puesto, y, de alguna manera, la permanente y consistente actividad para estarlos acoplando constantemente a él.

Por último el desarrollo, que comprende el adiestramiento - práctico, la instrucción teórica, y la formación ha de tener gran trascendencia y recibir especiales modalidades dentro - de la Administración.

- B. En la Dirección, el siguiente elemento de la Dinámica, nos encontramos ante todo con la autoridad y su fuerza motivadora.

Aún cuando, a primera vista, quizá muchos pueden pensar que la autoridad es algo meramente teórico, a nuestro juicio, - junto con la fijación de cantidades, es el verdadero pilar - de la Administración. En este punto es donde se aplicarán - todas las técnicas modernas, resultado de los avances en las ciencias del hombre: Psicología, sociología, antropología o teoría de la conducta. En lo que se refiere a la Delegación, que consiste en hacer partícipes a otros de la autoridad que nosotros hemos recibido, sin perder por ello la responsabilidad correspondiente.

Por último la Comunicación, tanto vertical, como horizontal; tanto para la fijación de planes, como para la vigilancia -

constante de su resultado; es tan importante, que muchas empresas no obtienen resultados efectivos, mientras no se mejore la comunicación.

C. Por cuanto hace al Control, éste se realiza en tres etapas:

Su fijación y establecimiento: Tiene que analizarse, que controles deberán ser establecidos, y cuales serán más efectivos. Esto, como se comprende, es un elemento esencial de la Administración.

Por cuanto a su Operación, ésta tiene que realizarse por todos los jefes y empleados y, eventualmente, para los grandes y complejos capítulos, por técnicos especialistas, como serían los de costos, evaluación de puestos o rotación de capital.

Pero lo más importante radica en la interpretación de los resultados. En realidad, se trata de comparar lo que se esperaba, con lo que se obtuvo. De ello puede resultar, como se indica en la Figura No. 38.

1. Que se obtuvo exactamente en la forma y tiempo en que se deseaba.
2. Que una parte de lo que se había previsto, no fué obtenido.
3. Que se obtuvo más de lo que se deseaba, en uno o varios campos.
4. Que se obtuvieron otros resultados, además de los esperados, los que pueden ser positivos, negativos o indiferentes.

tes.



Figura No. 38.

Como se comprende, esta última parte del proceso Administrativo, es tan importante como el primero de todo nuestro recorrido por las etapas de la Administración. Aquí se miden los resultados. En el fondo y en la realidad, lo que se trata es hacer que los objetivos, que suelen ser teóricos y abstractos, se traduzcan desde un principio en resultados concretos.

V. CONCLUSIONES

1. En la actualidad, existe en el campo empresarial, la tendencia a hacer cada vez más productivos los sistemas de producción, por medio de una planificación racional de los elementos que se tienen o deben tenerse; motivo por el cual, - el Ingeniero Químico, ya no solo incursiona al área Físico-Química sino que además se le encuentra en muchas y diferentes áreas que aparentemente, no tienen relación con sus estudios; pero dado que cuenta con una mentalidad de optimización, esta ya no solo debe enfocarla a optimizar los procesos de producción; sino además de estos debe maximizar el aprovechamiento de los medios con los que se realizan dichos procesos, como es: El personal que labora en el proceso, los materiales que se transforman a través del proceso y los equipos que procesarán estos materiales y que serán operados por el personal.

Por lo antes expuesto, el Ingeniero Químico debe contar con los elementos necesarios para el momento en que se presenten dicha optimización y puede efectuar ésta, sin contratiempos y de la forma más efectiva. Los temas tratados en este trabajo, pretenden dar al Ingeniero Químico los principios necesarios para lograr este objetivo; además de que servirán también para darle un panorama amplio, en aspectos algunas veces muy poco tratados y de los cuales desconoce los fundamentos.

2. Dado que todos los temas aquí expuestos, pertenecen a una área muy importante de nuestra profesión y la cual es la Ad

ministración de la Producción; es de mucho valor que todo -
Ingeniero Químico, que esté directamente vinculado con la -
producción de bienes, conozca los diferentes aspectos de ésta -
ta, sin llegar a ser un especialista en cada uno de ellos,
pero sí que tenga los fundamentos, con el fin de lograr una
mejor comunicación y comprender los problemas y limitacio--
nes que pudiera tener la planta y saber como resolverlos.
Además, en la posición de Administrador se deben conocer -
los diferentes departamentos que tiene una empresa, siendo
uno de estos el de Ingeniería Industrial, el cual día a día
toma más importancia; motivo por el cual debemos estar más
preparados, a fin de comprender sus funciones y la valía de
sus actividades.

A lo anterior, podemos agregar una frase de Andrés Carnegie
y que a nuestro juicio resume lo anterior: "El Administra--
dor, es la persona que tiene la capacidad de saber aprove--
char las capacidades de otros hombres mejores que él".

3. Finalmente, de acuerdo a las conclusiones señaladas, tam- -
bién es nuestro propósito hacer resaltar la importancia que
representa, para los alumnos de la Facultad de Química, el
conocimiento de los aspectos fundamentales de la Ingeniería
Industrial, los que les permitirán alcanzar un mejor desarro
llo profesional, dentro de los diferentes campos, ya sean -
de Investigación, Producción y/o Administración; llegando -
posiblemente hasta especializarse en alguno de los diferen-

tes aspectos que comprende dicha disciplina.

Queremos aclarar, que en este trabajo no tocamos aspectos - también muy importantes de la Ingeniería Industrial como - son: Control de Producción, Control de Inventarios, Control de Calidad, Manejo de Materiales y Mantenimiento, entre otros; dado que consideramos, que cada uno de estos temas por su amplitud y variedad de aspectos podrían ser motivo de una o varias tesis, con lo que queremos dar la pauta a otros compañeros para que desarrollen estos temas y así completar al máximo esta área tan importante de nuestra profesión.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. Alford, L.P. y Banks, John R.
"Manual de la Producción"
Ed. Utha, México.
2. Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad, A.C.
"Tecnología de Incendios"
México, 1974.
3. Barnes, Ralph M.
"Estudio de Tiempos y Movimientos"
Ed. Aguilar, Quinta Edición
Madrid, España 1966.
4. Buffa, Elwood S.
"Modern Production Management"
Ed. Wiley
New York, U.S.A. 1973
5. Catalytic Construction Company
"Método del Camino Crítico"
Ed. Diana
México.
6. Centro Nacional de Productividad
"Simplificación del Trabajo"
México 1974.
7. Gardner, Burleig B. y Moore, David G.
"Relaciones Humanas en la Empresa"
Ediciones Rialp, S.A. Quinta Edición
Madrid, España 1971.

8. Maynard, H.B.
 "Industrial Engineering Handbook"
 Ed. McGraw-Hill, Tercera Edición
 New York, U.S.A. 1963

9. Mundel, Marvin E.
 "Motion and Time Study"
 Ed. Prentice-Hall, Quinta Edición
 New Jersey, U.S.A. 1970.

10. Oficina Internacional del Trabajo (OIT)
 "Introducción al Estudio del Trabajo"
 Ginebra, Suiza 1970.

11. Reyes Ponce, Agustín
 "Administración por Objetivos"
 Ed. Limusa-Wiley
 México 1971.

12. Terry, George
 "Principles of Management"
 Ed. Erwin
 U.S.A.

13. Apuntes del Industrial Engineering Symposium, organizado por
 Johnson & Johnson International en la Universidad de
 Rutgers,
 New Jersey, U.S.A. 1976.

1. En las páginas No. 220 y 221, los cálculos de las penalizaciones son equivocados, los correctos son los siguientes:

	<u>DISTRIBUCIONES</u>				
	1	2	3	4	5
<u>INDISPENSABLE QUE ESTE CERCA</u>					
Empaque - Ensobrado					
Empaque - Almacén				7	
Empaque - Recobro	6	7	6	6	6
Tamizado y Tableteado - Grajeado					
Tamizado y Tableteado - Secado					
Tamizado y Tableteado - Aglutinado					
Tamizado y Tableteado - Mezclado					
Tamizado y Tableteado - Almacén	6	6	6	6	6
Recp. de Materiales - Almacén	6	6			6

NO DEBE ESTAR CERCA

- Control de Calidad - Empaque
Control de Calidad - Aglutinado

DEBE ESTAR CERCA

Mezclado - Aglutinado					
Ensobrado - Secado					
Ensobrado - Grajeado				4	
Control de Calidad - Tamizado y Tab.		4	4		
Recp. de Materiales - Mezclado	4		4	4	
Mezclado - Secado	4	4			

DESEABLE QUE ESTE CERCA

Grajeado - Empaque	2				
Recobro - Ensobrado	2	4		2	3
Control de Calidad - Secado	2	2		2	2
Control de Calidad - Grajeado		3	2		
Recp. de Mat. - Control de Calidad	2		3		
Recp. de Mat. - Empaque		3	2	3	3

LOCALIZADO CENTRALMENTE

Control de Calidad

3 3

LOCALIZADO EN LA PAISD

Recobro (Este o Sur)

Recp. de Materiales (Norte u Oeste)

PENALIZACION TOTAL	34	42	34	30	26
------------------------------	----	----	----	----	----