

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



SISTEMA DE MEDICION Y CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DIRECTA

DIRECTOR DE TESIS
ING. ENRIQUE GALVAN AREVALO
DEPTO. DE INGENIERIA INDUSTRIAL
E INVESTIGACION DE OPERACIONES
FACULTAD DE INGENIERIA
U.N.A.M.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA INGENIERIA INDUSTRIAL)
P R E S E N T A
RAUL MEDINA ZURITA
MEXICO, D. F. 1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

		Pág.
<u>CAPITULO I</u>	INTRODUCCION	1
<u>CAPITULO II</u>	GIRO DE LA EMPRESA Y SUS PRODUCTOS	6
A)	Giro de la Empresa	7
B)	Productos Manufacturados y sus Características	9
C)	Sistema de Trabajo	22
<u>CAPITULO III</u>	SISTEMA DE MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DIRECTA	30
A)	Sistema de Medición de la Productividad	31
B)	Alternativas para la Medición de la Productividad	34
C)	Método Propuesto para este Estudio	54
D)	Justificación del Método	64
<u>CAPITULO IV</u>	TIEMPOS ESTANDAR	77
A)	Técnicas y Métodos de Obtención de Tiempos Estándar	81
B)	Método Propuesto para la Determinación de tiempos Estándar	109
C)	Justificación del Método Propuesto	113
D)	Cálculo de Estándares para Productos Nuevos	118
E)	Verificación de Tiempos Estándar	134
F)	Cálculo de Concesiones Personales	135
<u>CAPITULO V</u>	TIEMPOS REALES	
A)	Método de Obtención de Tiempos Reales	138
B)	Comparación y Verificación de Tiempos Reales	145
<u>CAPITULO VI</u>	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION	147
A)	Información que proporciona por reporte	149

		Pág.
<u>CAPITULO VII</u>	SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD	156
A)	Control	158
B)	Metodología para Controlar la Productividad	161
C)	Cálculo de Requerimientos de Personal	166
<u>CAPITULO VIII</u>	PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA DIRECTA	174
A)	Cálculo de Capacidad de Planta	177
B)	Cálculo del Presupuesto de Mano de Obra	180
<u>CAPITULO IX</u>	CONCLUSIONES	186
A)	Cálculo Anual de la Productividad (1980)	187
B)	Cálculo Anual de la Productividad (1981)	194
<u>BIBLIOGRAFIA</u>		199

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N

I N T R O D U C C I O N

En los últimos años el concepto de productividad ha absorbido la atención de los industriales de todo el mundo y las razones son obvias.

Primeramente se está viviendo una situación caótica en el mundo, en lo que respecta a las economías nacionales, pues la inflación está afectando desde los países ricos y desarrollados hasta los países pobres y subdesarrollados. Otros problemas que se están viviendo mundialmente son: el desempleo, los problemas de energéticos, el almacenamiento de materias primas y productos terminados, la transportación masiva y la competencia a nivel internacional de compañías con la misma línea de productos, etc.

Todo lo anterior hace lógica la atención que se le está prestando a este concepto, pues la inflación provoca un alza constante en los precios, que obliga a los trabajadores a pedir mayores salarios para poder cubrir sus necesidades personales y familiares. Estos aumentos se reflejan desde luego, en los costos directos de producción de cada artículo, originando de nuevo un aumento de los precios. En

consecuencia, el poder adquisitivo de los sueldos nunca podrá igualar los precios cada vez más altos de los artículos.

Por lo tanto, resulta urgente encontrar una utilización más óptima de nuestros recursos de producción, para que la relación del volumen producido con respecto a los factores utilizados para obtenerlos, sea cada vez mejor y de esta manera los costos unitarios de los artículos sean menores.

Lo que se pretende decir con lo anterior es que una "productividad baja", incide en el propio pueblo, tanto por el efecto directo de los incrementos de precios en el mercado interno, como por la disminución y a veces la "eliminación de las posibilidades de exportación", pues lo que se vende al mundo no es el tiempo y el esfuerzo, sino el resultado de ese tiempo y esfuerzo. A ningún comprador internacional le importa que, para producir un artículo se haya desperdiciado mucho tiempo y materiales, ni que se hayan aumentado los salarios de la mano de obra. Lo que le importa es que el producto que compra, sea de la calidad esperada y su precio sea competitivo dentro del mercado internacional.

Todo lo que se mencionó es lo que ha provocado el gran interés por el concepto de "productividad" en los últi

mos años, y de aquí la necesidad de medirla, para saber donde estamos y hacia donde vamos a dirigir nuestros esfuerzos.

La medición de la productividad es sencilla en la mayoría de los casos; pero en otros, esta medición se complica pues la forma de obtener la información varía de acuerdo a las condiciones que priven en cada compañía.

Por ello es que en esta tesis se desarrolla un método para medir la productividad, con el fin de mostrar una forma diferente de obtener este índice. Por otro lado, se toca un tema muy trillado en todas las tesis, y es el cálculo de los tiempos estándar, pero considero que este tema es conveniente tratarlo, ya que de las diferentes técnicas para calcular estándares, no se encontró alguna que fuera práctica para calcularlos dentro de esta compañía, por lo que se llegó a la conclusión de utilizar un método que en la actualidad se considera obsoleto por la falta de precisión que tiene y por las condiciones que priven para dichos cálculos. Este tema se presta mucho a discusión, pues para algunos este método es inoperante pero para mí no lo es tanto, porque en un momento dado estoy sacrificando precisión por rapidez y de acuerdo a los tiempos estándar que se tienen en la compañía actualmente (estimados) y a la necesidad de tener algo mejor a lo actual en el menor tiempo posible,

se consideró este método como el más práctico para cumplir con estos objetivos.

Por supuesto que también se trata de superar el método mencionado anteriormente, porque yo también lo considero obsoleto y será con algunas técnicas para predeterminar tiempos estándar, las cuales serán una combinación de datos estándares con fórmulas para calcular tiempos; estas técnicas se utilizarán para los productos nuevos con un plan de aplicación y mejora de tiempos estándar a un plazo de tiempo más largo, que el método propuesto como obsoleto.

C A P I T U L O I I

GIRO DE LA EMPRESA Y SUS
PRODUCTOS

GIRO DE LA EMPRESA Y SUS PRODUCTOS

II-A. GIRO DE LA EMPRESA

Este estudio fue desarrollado en una empresa que se dedica a la manufactura de equipos completos de perforación para la extracción de petróleo.

Esta empresa fue fundada en abril de 1966, en esta época se dedicaba básicamente a la fabricación de compresoras y motocompresoras reciprocantes, para procesos petroquímicos principalmente, las cuales tenían una capacidad desde 440 hasta 3000 H.P. En junio de 1969 cambió de razón social pero continuó con la misma línea de productos manufacturados. Años más tarde, en mayo de 1974, esta empresa fue comprada por un grupo industrial y fue entonces cuando inició la fabricación de equipos completos de perforación para la extracción de petróleo.

La capacidad de exploración en el subsuelo de estos equipos es de 7,000 mts. de profundidad y existe una amplia gama de productos con diferentes capacidades.

- MASTILES** De estructura de acero de 45 mts. libres de altura y capacidad de carga de 450 toneladas.
- SUBESTRUCTURAS** Donde se monta el mástil, teniendo en conjunto con el mástil un peso de 300 toneladas y 53 mts. de altura.
- MALACATES** Con una potencia de 2100 H.P. para sostener un peso de casi 7 km. de tubería de perforación.
- BOMBAS DE LODO** Que provoca el movimiento del fluido de enfriamiento y lubricación (lodos) por la tubería de perforación, hasta el fondo del pozo, haciéndolo regresar por el espacio anular entre la tubería de perforación y las paredes del pozo.

Otros productos menores, componentes del equipo son las uniones giratorias (swivel), mesas rotarias y blocks y ganchos viajeros; estos tres componentes forman el equipo rotario, además de estos productos se elaboran otros que son complementarios, tales como tanques para agua y combustible, presas de lodo, desarenadores, desgasificadores, desarcilladores y un elemento importante de los productos auxiliares son las vibradoras.

De estos productos en la planta, sólo se manufacturan los más importantes y del equipo auxiliar se maquila, - aproximadamente, el 80% de los productos (casetas, tanques- de lodos).

A continuación describiremos cada uno de estos productos.

II-B. PRODUCTOS MANUFACTURADOS Y SUS CARACTERISTICAS

A). MASTIL

Tiene como funciones principales, proveer la suficiente altura para extraer o insertar secciones de tubería- en el pozo, esta altura será medida desde la plataforma de- trabajo (elem. 1 fig. 1) a la mesa de agua (elem. 2, fig. - 1). La rapidez con la cual podremos manejar las secciones- de tubería, dependerá de la altura del mástil y la longitud de dichas secciones.

Otra de sus funciones es la de soportar la carga - que representa la sarta de tubería que se encuentra en el pozo y que en un momento dado quedará suspendida del mástil, - cuando se cambien la barrena o la 'tubería para revestir el- pozo, la cual es más pesada que la normal.

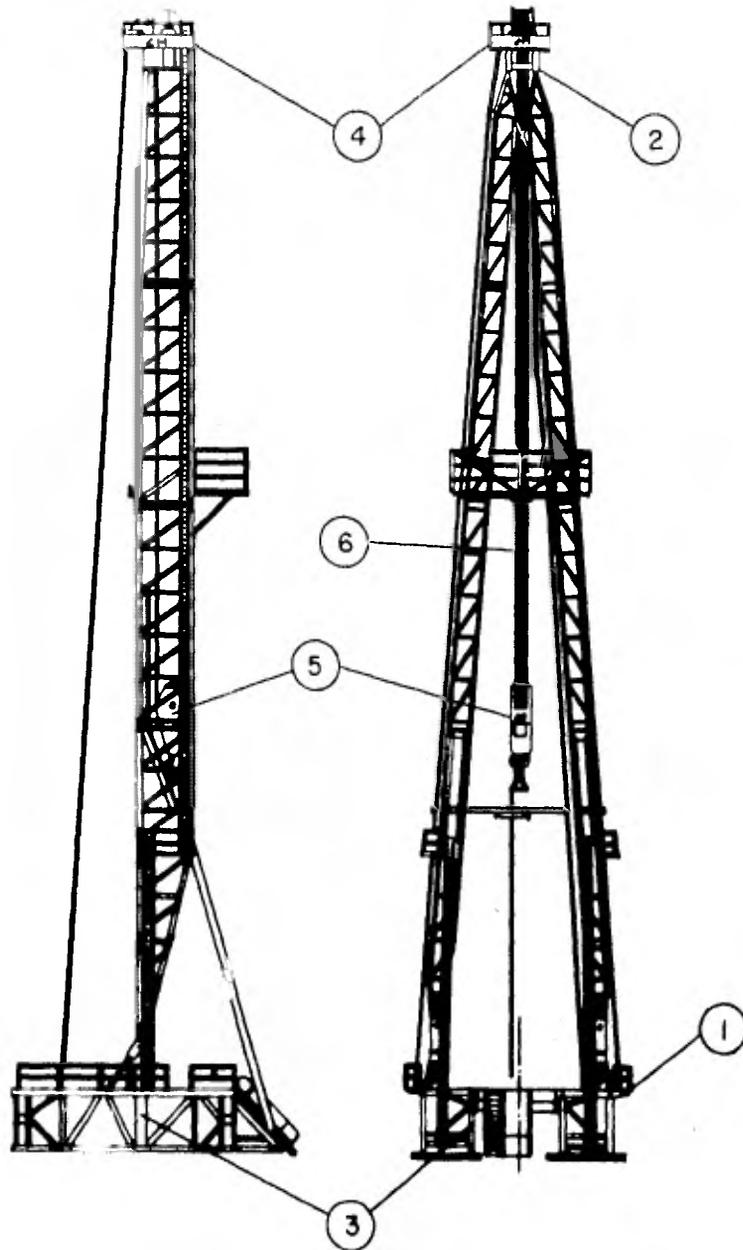


FIGURA - I

Otro tipo de cargas que deberá soportar el mástil, es la producida por el viento, con o sin tubería estibada, además uno de los factores importantes que se deben tomar en cuenta cuando un mástil es diseñado, es la carga a la cual es sometido éste cuando se trata de sacar un tramo de tubería que ha quedado atascada dentro del pozo.

Los mástiles que se han manufacturado hasta la fecha en esta compañía son los siguientes:

MODELO	DESCRIPCION
127-400	Este es un mástil de 127 pies (38 mts.) de altura libre, con una capacidad de carga de 400 000 libras (180 tons) y una baja capacidad de perforación de 6000' hasta 10 000' (1 800-3 000 mts. de profundidad).
138-400	Este es un mástil de 138 pies (42 mts.) de altura libre con una capacidad de carga de 400 000 libras (180 tons) y una capacidad media de perforación de 8 000'-17 000' (2 400-5 100 mts.) de profundidad.
143-650	Este es un mástil de 143 pies (43 mts.) de altura libre con una capacidad de carga de -

650 000 libras (290 tons) y una capacidad -
 grande de perforación 21 000 - 30 000' ----
 (6 400 - 9 000 mts.) de profundidad.

150-1000 Este es el mástil más grande y tiene 150 -
 pies (45 mts.) de altura libre, con capaci -
 dad de carga de 1 000 000 libras (450 tons)-
 y una gran capacidad de perforación desde --
 21 000 hasta 30 000' (6 400 - 9 000 mts.) de
 profundidad.

Entre el piso de trabajo y el terreno a ser perforado debe existir un espacio que sea suficiente para introducir equipo especial como los preventores de explosiones, para lograr ésto es necesario elevar el mástil del terreno - por medio de una subestructura. (elem. 3, fig. 1).

B). SUBESTRUCTURA

De dicho elemento, existen varios modelos para cada tipo de mástil con las mismas características de éste, pero con altura variable, una subestructura para mástil 150-1 000 mide 28' (8 mts.) de altura, y para los otros modelos la altura de la subestructura es menor pero con varias alturas - para cada modelo, según las necesidades del comprador.

Sobre esta estructura van montados diferentes elementos del equipo como son, el malacate, la mesa rotaria, tableros de control, la caseta del perforador y tanques en algunos casos.

C). POLIPASTO

Este componente del sistema está conjuntado por:

- c-1) Block viajero y gancho (elem 5., fig. 1)
- c-2) Corona de mástil (elem. 4, fig. 1)
- c-3) Línea de perforación (elem. 6, fig. 1)
- c-4) Ancla de la línea muerta.

La función principal del polipasto es el de proveer de un mecanismo adecuado que permita manejar las grandes cargas, fácilmente (peso de la sarta de tubería).

- C-1) Gancho y block viajero.- Se dice que éste es la parte móvil del polipasto, su característica principal es su capacidad de carga, la cual se encuentra desde 5 tons. hasta 650 tons. Su función es la de soportar la unión giratoria con la sarta de tubería de perforación, las poleas del block junto con las de la corona forman el juego de poleas del polipasto.

- C-2) Corona de mástil.- Es la parte estática del polipasto, dicha corona va fija sobre la parte superior del mástil, como puede observarse en el elem. 4 de la fig. 1, su función, junto con el block viajero es hacer el juego de poleas del polipasto.
- C-3) Línea de perforación.- Este término ha sido adoptado para designar al cable, el cual es enrollado en el tambor principal del malacate, posteriormente es enhebrado entre las poleas de la corona y block viajero, como es obvio éste es utilizado para suspender, elevar o bajar el block viajero. Este cable es mostrado en el elem. 6 de la fig. 1.
- C-4) Ancla de línea muerta.- Este sistema está diseñado para proveer de un método práctico para asegurar la línea muerta y a la vez detectar la carga que está soportando el mástil. En la fig. 2, se muestra el arreglo general del polipasto, identificándose claramente cada uno de sus componentes.

D). MALACATE

Su función principal es la de proveer la potencia necesaria para el manejo de las cargas. Como se mencionó anteriormente, la línea de perforación es enrollada en el -

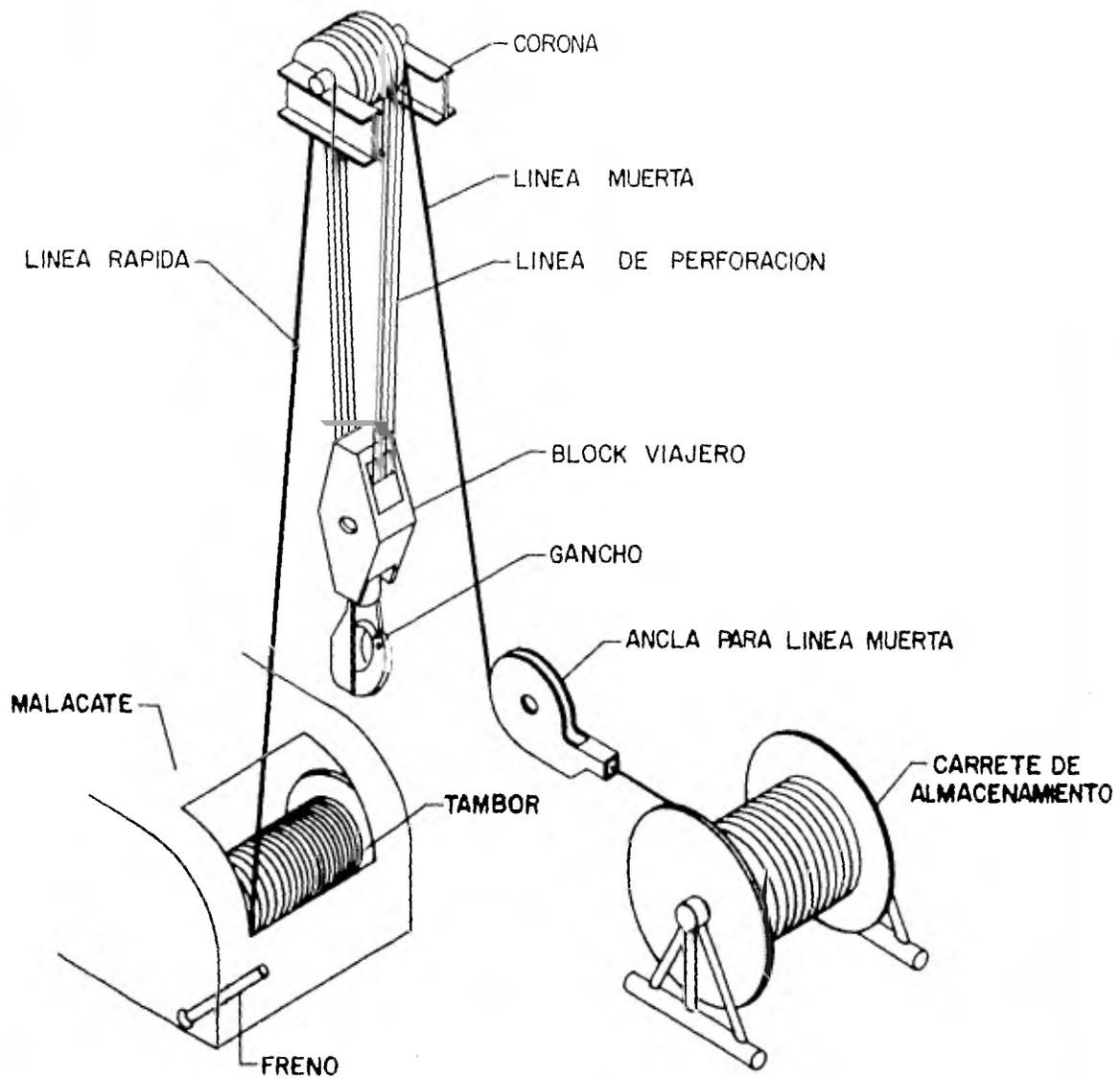


FIG. 2. ARREGLO GENERAL DEL POLIPASTO

tambor principal. En el momento en que éste es embragado - con su sistema motriz, el tambor gira y la línea de perforación se enrollará o desenrollará del tambor provocando que el gancho y block viajero se eleven o descieran según el movimiento del tambor.

En la planta se manufacturan cuatro malacates de diferentes características y potencias, las cuales van desde 25 H.P. hasta 2 100 H.P. de potencia nominal.

E). BOMBAS DE LODO

Su función es impartir fuerza al fluido en forma de presión y volumen, empujando el fluido desde un tanque, a través de la tubería a la barrena, regresándolo a través del espacio anular entre las paredes interiores del pozo y las paredes exteriores de la tubería, hacia el tanque o depósito de lodo; en la planta se han manufacturado bombas desde 300 H.P. hasta 1 450 H.P. de potencia.

F). VIBRADORA

Cuando el fluido de perforación retorna al tanque, éste viene combinado con recortes de arena y piedras del fondo del pozo; dichos recortes deben ser separados del fluido antes de volverlo a recircular.

La función de estas vibradoras es el separar las partículas sólidas del fluido, para que éste pueda ser recirculado.

G). MESA ROTARIA

Su función es transmitir el torque e impartir un movimiento rotario a la tubería de perforación, su sistema-motriz es el mismo que el del malacate. En la actualidad se manufacturan mesas rotarias para diferentes diámetros de tubería y van desde 17.5 pulgadas hasta 37.5 pulgadas de diámetro. Otra función es la de soportar la sarta de tubería cuando se requiere aflojar ésta para añadirle tramos o bien para sacarla. Esta mesa va montada en el piso de la subestructura. (Ver fig. 3.).

H). SWIVEL O UNION GIRATORIA

La función de este elemento es la de proporcionar una conexión para la manguera de lodo (que es fija) y la tubería de perforación (que tiene movimiento giratorio).

El swivel es suspendido por su asa en el gancho del block viajero. La entrada del fluido es por la parte fija superior del swivel y la salida es por la parte inferior, que es la móvil. (Ver fig. 4).

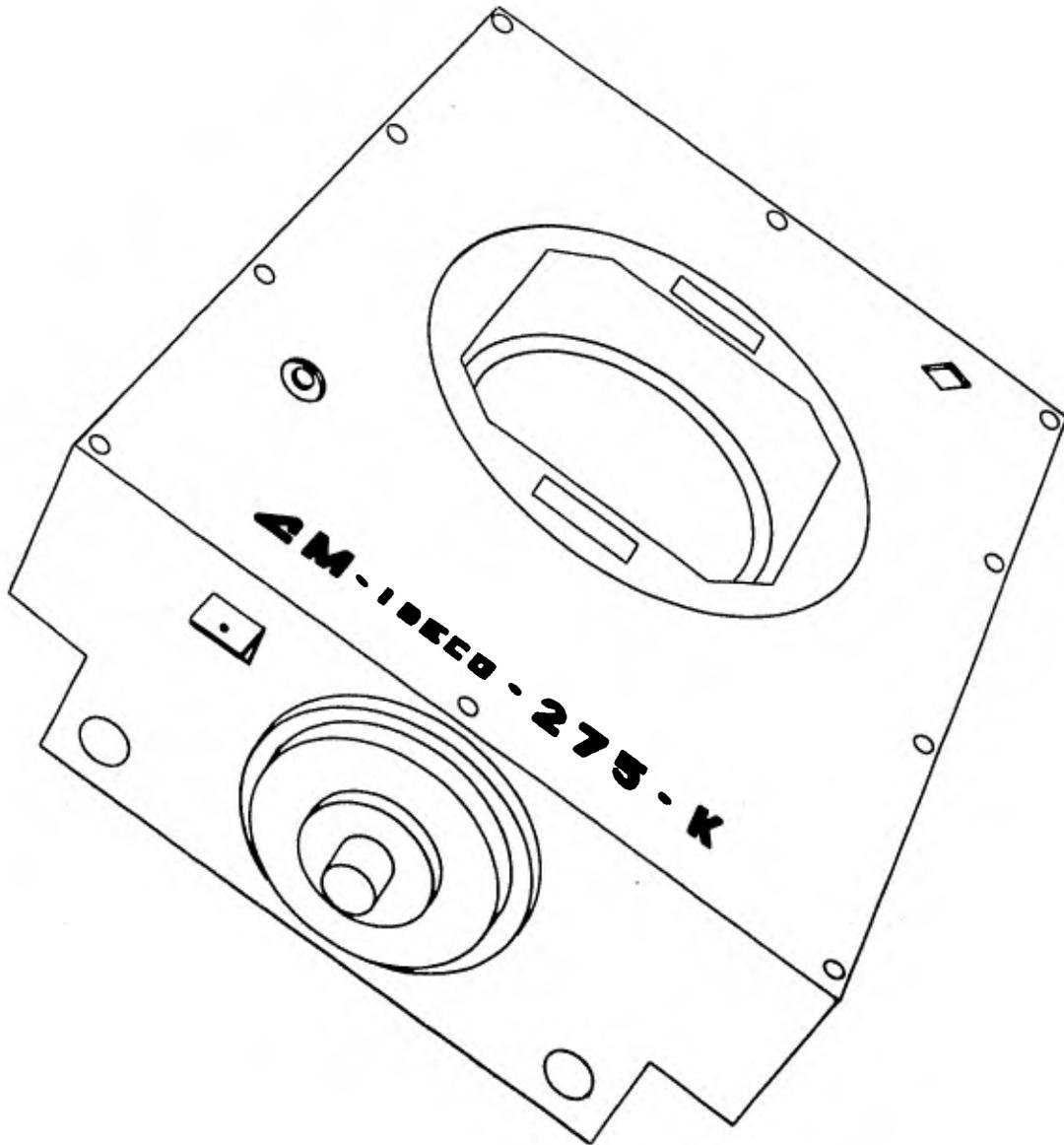


FIGURA - 3

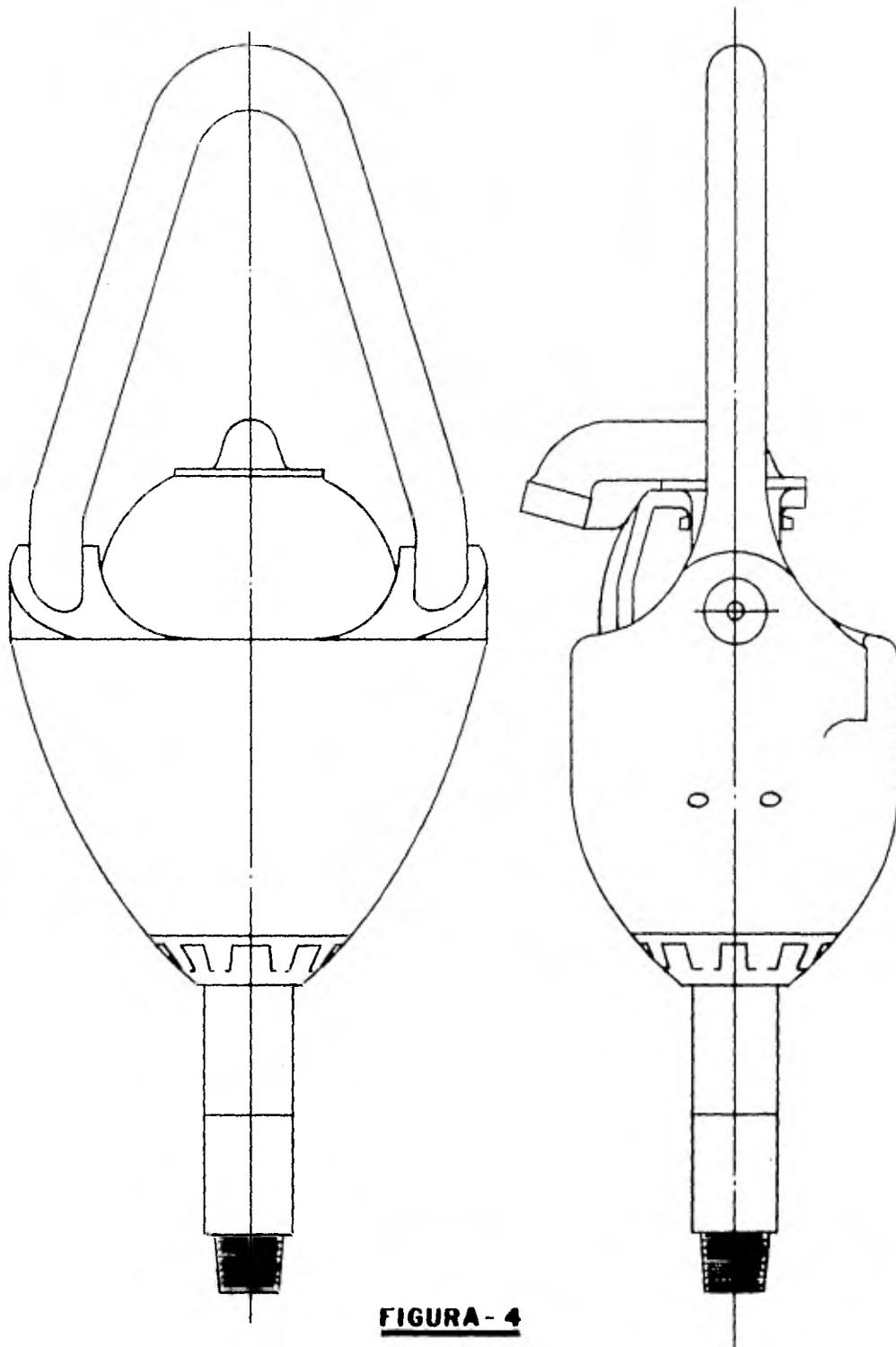


FIGURA - 4

Los elementos que se mencionaron anteriormente - son los más importantes de un equipo de perforación de pozos y los que se manufacturan en la planta en un 98% de su totalidad.

Enseguida se muestra el Lay-Out de un equipo de perforación (Ver fig. 5).

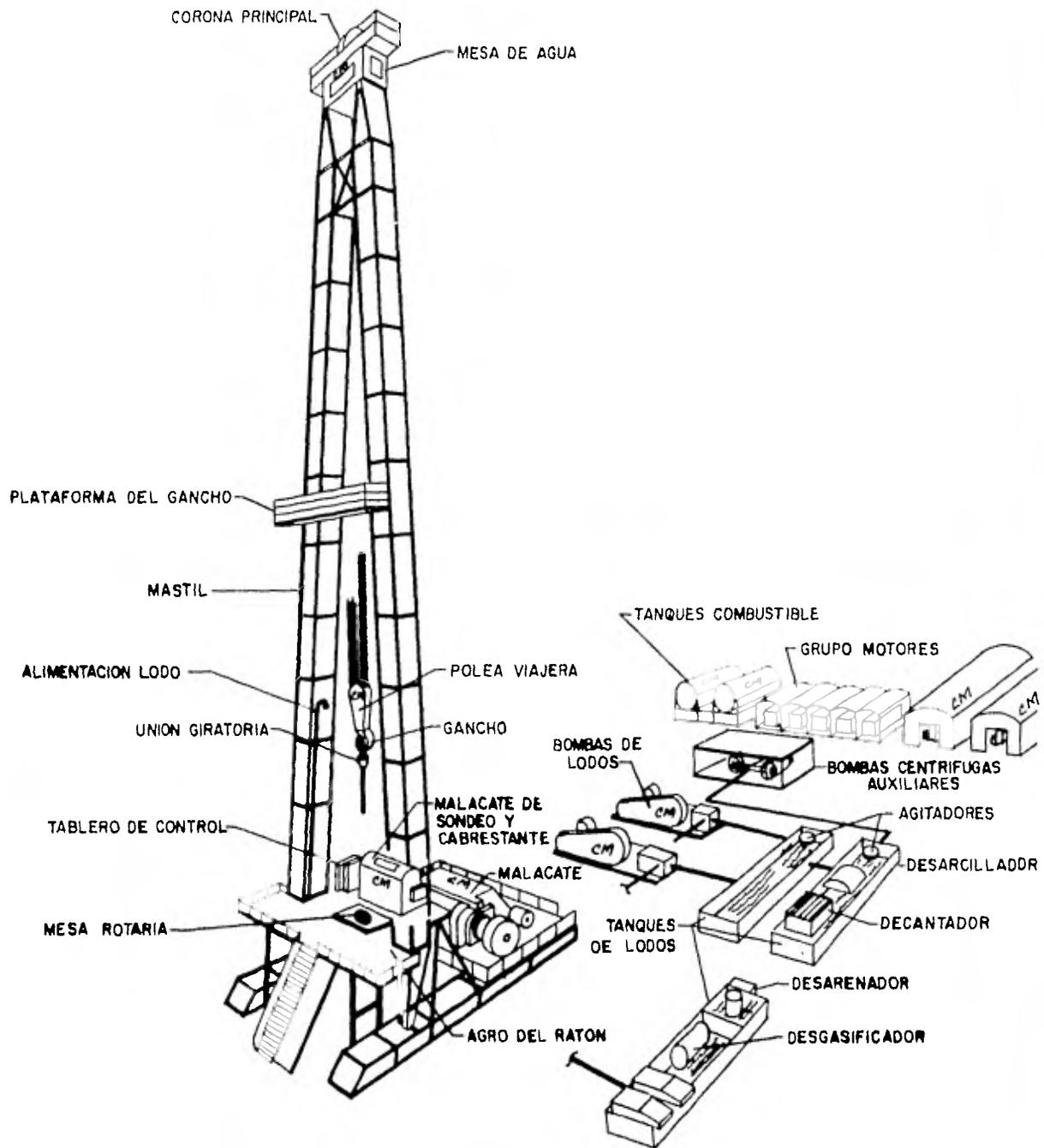


FIGURA - 5

II-C. SISTEMA DE TRABAJO

Para tener una idea de la complejidad del sistema de trabajo es necesario hacer un análisis detallado de éste, desde la manera en la cual se obtienen las ventas, pues en este caso la demanda de estos productos o equipos es muy es casa, pasando por la compra de su materia prima y partes componentes, las cuales tienen tiempos de entrega muy lar gos, hasta llegar a la manufactura de los elementos de cada producto, las cuales van desde simples seguros y empaques hasta la manufactura de un cigueñal para una bomba de lodos de aproximadamente 2.0 toneladas de peso y que, por supuesto, tienen tiempos de manufactura muy variables pues un seguro o un empaque puede llevarse 0.5 de hora/hombre, en cam bio un cigueñal requiere de 250.0 horas/hombre de manufactura.

Primeramente hablaremos de la forma en la cual se venden este tipo de productos. Como podremos apreciar, los compradores de estos equipos son muy escasos, además de existir uno que compra el 95% de los productos, como lo es PEMEX; también existen otras compañías que se dedican a la perforación de pozos geotérmicos, o bien a la compra-venta y exportación de estos equipos pero en cuanto a la importan cia que pudieran tener sobre la demanda de los equipos, no representan mucha, así que por lo mismo sólo nos dedicaremos

al comprador más importante.

Las compras de PEMEX están influenciadas por muchos factores, los cuales están condicionados a los planes de exploración y explotación de los nuevos pozos petroleros, o bien, a las necesidades de reparación y/o terminación de pozos; otros factores que resultan de mucho peso son: los cambios de políticas y dirección, los presupuestos y la economía mundial en cuanto a la política y precios del petróleo.

En el caso de estudios y exploración de nuevos yacimientos se hace necesaria la compra de un nuevo equipo, dependiendo de la zona donde se realicen los estudios y de la disponibilidad de los equipos en funcionamiento; todo esto también depende del presupuesto que se asigne para los estudios de posibles nuevos yacimientos. Por otra parte, cuando ya se tiene detectado un yacimiento, se procede a perforar el pozo, pero nunca se perfora hasta el yacimiento, sino que se deja a cierta distancia de éste, porque para explotar el pozo se requiere de otro tipo de equipo, al cual se le denomina "Equipo de Reparación y Terminación de Pozos"; éste, como su nombre lo indica, sirve para terminar de perforar los pozos y así poderlos explotar normalmente; estos equipos sirven para dar mantenimiento y reparar los pozos que ya se encuentran en funcionamiento, con el fin de que -

sigan produciendo en condiciones normales de explotación, - este último equipo también lo requiere el comprador.

Para estos estudios o reemplazos, el comprador requiere algún tipo de equipo o producto, para lo cual convoca a concurso a todas las compañías manufactureras de este tipo de productos.

En estos concursos lo que más importancia tiene para beneficiar a algún productor es, en primera instancia, - el precio y a su vez el tiempo o período de entrega, así como también influyen las buenas relaciones comerciales y la calidad del equipo. Para que la compañía pueda concursar, - es necesario enviar una cotización de un equipo, que en muchos casos ya se ha manufacturado y que en muchos otros, el equipo es nuevo para la compañía manufacturera, lo cual - obliga a cotizar equipos desconocidos; estas últimas cotizaciones se realizan en base a estimaciones y comparaciones - con otros equipos parecidos y/o similares.

Analizando cada una de las cotizaciones, el comprador selecciona una o varias, dependiendo de las características de éstas, y en algunas ocasiones divide el pedido en dos partes para colocarlo a dos compañías diferentes.

Ya con el pedido fincado, se procede a solicitar -

Las partes de compra, la materia prima y las partes de im -
portación, siempre y cuando se tenga la inforamción corres -
pondiente al equipo del pedido, pero cuando el equipo soli-
citado es nuevo o tiene algunas modificaciones, se solicita
la información (planos de manufactura) a una firma extranjer
ra, lo cual provoca una demora en el inicio de la manufactur
ra, pues en enviar la solicitud de información y en recibirl
la se pasan de uno a dos meses; cuando el producto es estánd
ar, pero si el comprador requiere una modificación al mis-
mo, se demora mayor tiempo, pues es indispensable desarrol
lar la ingeniería necesaria para dicha modificación y en -
algunos casos ésta no le conviene desarrollarla a la firma-
extranjera, por lo que se tiene que desarrollar aquí en Mé-
xico por nuestra compañía, para lo cual se requiere la aprol
bación y autorización de los planos por parte de la compan
ña extranjera, pues llevará conjuntamente los nombres de -
las dos empresas; de esta manera es como se consigue o --
bien, se desarrolla la información de manufactura, compra -
nacional y compra de importación para cada equipo.

Teniendo la información necesaria, se procede a co
locar pedidos de partes y productos de compra, los cuales -
tienen tiempos de entrega muy largos, pues van desde 2 me -
ses hasta más de 8 meses.

En cuanto a las partes de manufactura en planta, -

el proceso y flujo de la información es el siguiente: primeramente llegan los planos de manufactura y listas de en - samble al departamento de Ingeniería del Producto, éste se encarga de revisar que la información sea correcta y que es té completa; ellos proporcionan los planos a Ingeniería de Materiales para que éstos sean codificados, a su vez ellos transmiten la información a Ingeniería Industrial para que elabore las gamas y rutas de fabricación, además para que se les asigne un tiempo estándar de manufactura. Teniendo los planos revisados y codificados con sus rutas de fabrica ción, se envían al departamento de Control de la Producción, para que a su vez éstos programen y emitan la orden de manu - factura de las partes y de los ensambles según se requieran.

Para un control adecuado de las manufacturas se tiene dividida la planta en tres áreas básicas que son: Area de Ensamble, Area de Mecano-Soldadura y Area de Maqui - nados, que a su vez se subdividen en otras secciones, por ejemplo el Area de Mecano-Soldadura está formada por Sec - ción de Mástiles, Sección de Sub-estructura, Sección de Tra - tamientos Térmicos, Sección de Misceláneos y Sección de Ha - bilitado de Materia Prima. En cuanto al Area de Maquinados sólo se divide en sección de maquinados pesados y sección de maquinados ligeros, y el Area de Ensamble no tiene sec - ciones.

Todos los procesos de manufactura se inician en la sección de habilitado de materia prima; en esta sección se han generado al través del tiempo diferentes tipos de problemas, debido a las mañas y malos hábitos de la gente de producción, los problemas principales son: obstrucción de pasillos con materia prima y materiales habilitados, falta de organización en el almacenamiento de estos últimos, así como el espacio reducido de esta sección de la planta y por último, una inadecuada programación de trabajo.

Los procesos de manufactura continúan en las Areas de Mecano-Soldadura y en el Area de Maquinados generalmente, y muy esporádicamente, en el área de ensamble. En el Area de Mecano-Soldadura se han detectado problemas como: condiciones de trabajo inadecuadas, pues la gente que tiene que trabajar en el suelo o bien montado en las partes del equipo a una altura que va desde 1.5 mts. hasta 4 mts. por otro lado, también se presenta aquí la obstrucción de pasillos y área de trabajo reducida por el exceso de material en proceso que no está bien organizado y/o almacenado; esto último provoca pérdida de tiempo y agotamiento para el obrero al tener que buscar y desalojar un área de trabajo. En el área de maquinados el principal problema que se detectó fue la falta de una programación adecuada y el mal aprovechamiento del equipo, pues en este caso las condiciones de trabajo de una máquina las fija el obrero o en el mejor de los casos -

el supervisor, y todo ésto sin las bases técnicas adecuadas, sólo con la experiencia. Revisando el área de ensamble nos encontramos con que aquí se reflejan todos los errores y fallas de manufactura de las otras áreas y secciones, pues un mal maquinado, mal armado o soldado de alguna pieza, provoca pérdida de tiempo en ensamble, ya que no es posible ensamblar con propiedad pues es necesario hacer alguna reparación, otro punto que se refleja aquí es la mala programación de la producción, y por falta de alguna pieza es necesario suspender temporalmente el ensamble, hasta conseguir la pieza.

Otros vicios que se han encontrado dentro de la planta es la falta de responsabilidad de los supervisores para reportar el trabajo que están desarrollando.

Los pedidos normalmente no son por producto o por un equipo, sino que varían desde 2 ó 3 productos y/o equipos, hasta 10 ó 12 equipos y/o productos. A pesar de lo anterior, es imposible trabajar los pedidos por lote, debido al alto costo de inventario que ésto generaría, además por ser tan voluminosos casi todos los productos terminados y sus partes componentes que provocarían un exceso de manejo de material, así como una gran área de almacenamiento de materia prima y productos terminados. Así que por estas razones, se programa la manufactura de los equipos por unidad -

y se planea entregar un producto o equipo por mes, después de unos seis u ocho meses de fincado el pedido, pues también así se programan las compras de motores y partes de forma o fundición, evitando así el alto costo de inventario.

Una pregunta obligada es el ¿por qué no se ha trabajado con lotes económicos?. La verdad es que nadie los ha calculado, y por otro lado, cada producto está compuesto por una gran variedad de piezas, las cuales sin un buen control se perderían.

Como podemos ver, todos estos tipos de problemas provocan una productividad muy baja, así que, por fuera de esta tesis, se propondrán mejoras a la compañía para solucionar estos problemas y así incrementar la tasa de productividad en la planta.

C A P I T U L O I I I

SISTEMA DE MEDICION DE LA
PRODUCTIVIDAD DE LA MANO
DE OBRA DIRECTA

SISTEMA DE MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD DE
LA MANO DE OBRA DIRECTA

III-A. SISTEMA DE MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD

Toda empresa ya establecida requiere medir los resultados de ejecución o funcionamiento de ella misma en un período de tiempo determinado, para poder conocer el grado de productividad de sus actividades. Como todos sabemos, el funcionamiento de una empresa se desenvuelve mediante la concurrencia simultánea de diversas manifestaciones internas y externas, que se encuentran vinculadas entre sí. Por ello, la productividad estará determinada por las relaciones entre distintos aspectos, conforme corresponda en cada caso. Por ello, interesa medir la cantidad de unidades obtenidas en función de las horas trabajadas por ellos o en otras palabras, nos interesa medir la cantidad de mano de obra invertida por unidad de producción, además también nos interesa conocer el rendimiento de los materiales usados y la utilización y rendimiento de las máquinas ocupadas en la producción de unidades.

Siendo la productividad la resultante de la rela-

ción existente entre los resultados obtenidos y los esfuerzos aplicados, es necesario establecer, mediante las expresiones estadísticas respectivas, la forma en que ella se manifiesta. La productividad revela un concepto de magnitud que surge de la comparación entre lo producido y los medios empleados en su consecución. A su vez, es indispensable también conocer la proporción que guardan los costos y los ingresos; se deducen en consecuencia dos conceptos diferentes de la productividad: uno técnico y el otro económico; es decir, una productividad cuantitativa física y una productividad de valor o rentabilidad.

La productividad técnica y la económica comprenden aspectos diferentes y bien definidos, pero es evidentemente el nexo estrecho que existe entre ambos conceptos. El incremento de la productividad técnica es el camino que conduce a una elevación de los índices de la productividad económica en la generalidad de los casos.

Teóricamente, existe una relación directa entre la productividad técnica y la productividad económica, pero es indispensable tener presente que en la medición de ésta, influyen otros factores, puesto que en un momento dado, la empresa puede considerarse como una "micro - economía", que desarrolla sus actividades en un medio social donde depende de los mercados y de las fluctuaciones del proceso económi-

co. Esto trae como consecuencia que el mismo índice de productividad técnica o uno inferior, puedan presentarse mayores índices de rentabilidad, según la medida del valor de la moneda, referencia mediante la cual se mide la productividad económica. Debido al fenómeno de las oscilaciones monetarias, la productividad económica acusa un valor relativo, y por esta razón es de mayor interés la productividad técnica, ya que mide, cuantitativamente, las unidades producidas y los factores de producción utilizados.

III-B. ALTERNATIVAS PARA LA MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD

Para poder medir la productividad, es indispensable tener perfectamente bien definido el concepto que se va a -
-medurar y al cual habrán de referirse las expresiones a que
-se lleguen. Los índices que se obtengan deberán permitir -
-formar un juicio concreto sobre la forma en que se realiza
-el funcionamiento y orientar la acción para lograr el nivel
-más alto de producción, la utilización racional de los ele-
-mentos que intervienen en todos los procesos, la mayor ocu-
-pación de la mano de obra y el máximo grado de utilización
-de los bienes inmuebles.

La medición de la productividad constituye uno de -
-los principales elementos para la dirección de la empresa,
-pues permite conocer cómo se desarrollan las actividades, -
-analizar los procedimientos instituidos y, también, para --
-realizar comparaciones con los resultados obtenidos por la-
-empresa en periodos pasados.

A continuación presentaremos una forma de medir la-
-productividad económica y la productividad técnica.

PRODUCTIVIDAD ECONOMICA (MEDICION)

La productividad económica se relaciona con el gra-

do de rentabilidad de la empresa, de otra manera se puede - decir que es la relación entre beneficios y capital. La - condición indispensable para medir esta productividad, es - la presencia de beneficios. Este puede referirse a una so- la operación o bien a un período de tiempo como un ejerci - cio económico.

La productividad económica, al intentar determinar- la capacidad de la empresa para producir beneficios, impli- ca un problema de inversión de capitales. Por ello, se tra- duce en términos monetarios y como expresión final del ren- dimiento del capital invertido.

No obstante de que la productividad económica, pre- senta diferencias con la productividad técnica, ésta gravi- ta intensamente sobre la económica. A pesar de que la pro- ductividad técnica es ajena a las condiciones de mercado, - generalmente antecede a la productividad económica; una ma- yor productividad técnica conduce casi siempre a una mayor- productividad económica.

La productividad económica está influida intensamen- te por los costos y las ventas, por ello suele aconsejarse- medirla con la siguiente relación:

$$\text{PROD. ECONOMICA} = \frac{\text{PRECIO DE COSTO}}{\text{PRECIO DE VENTA}}$$

De acuerdo a esta expresión se observa que existe - buena productividad cuando el coeficiente resultante tiende a uno.

La productividad económica con respecto al capital, resulta del coeficiente:

$$\text{PROD. ECONOMICA} = \frac{\text{BENEFICIOS}}{\text{CAPITAL}}$$

Quando existen capitales de terceros es necesario - hacer la diferencia entre el propio y el de éstos. Para es te caso el coeficiente sería:

$$\text{PROD. ECONOMICA} = \frac{\text{BENEFICIOS} + \text{INTERESES}}{\text{CAPITAL PROPIO} + \text{CAPITAL AJENO}}$$

Los resultados logrados deberán someterse a una com paración y ésta puede efectuarse con la rentabilidad obteni da en la medición de un período o ejercicio económico.

PRODUCTIVIDAD TECNICA (MEDICION)

Ya definimos anteriormente lo que se puede llamar - como productividad económica, en esta parte, definiremos lo que llamaremos productividad técnica o bien simplemente pro ductividad.

Existe una gran variedad de definiciones de productividad, y a continuación se enuncian algunas de ellas:

PRODUCTIVIDAD O ACTUACION PRODUCTIVA.- Relación -- de la producción real de un operario a la producción estándar. Definición de Benjamín W. Niebel, "Ingeniería Industrial".

PRODUCTIVIDAD.- Relación entre lo producido y lo insumido. Definición de la oficina Internacional de Trabajo, "Introducción al estudio del trabajo".

PRODUCTIVIDAD.- Relación de la producción real obtenida, por unidad de tiempo trabajado. Definición de H.B. Maynard, "Industrial Engineering Handbook".

PRODUCTIVIDAD.- Promedio de producción real o producción por unidad de tiempo trabajado.

PRODUCTIVIDAD EN EL TRABAJO.- La cadencia o velocidad de un trabajador o grupo de trabajadores, por unidad de tiempo, comunmente comparada con una cadencia tipo establecida o prevista.

Las dos definiciones anteriores son dadas por la -- "A.S.M.E.", Manual de Ingeniería de la Producción Indus --

trial, H.B. Maynard.

De acuerdo a las definiciones anteriores, se puede observar que todas ellas redundan en el mismo significado y en general se puede decir que es una relación entre lo insumidido y lo producido, esta definición abarca todos los conceptos de productividad y se puede decir que es la más generalizada.

La productividad resulta de la aplicación de los capitales y esfuerzos de la empresa al proceso productivo: máquinas, instalaciones, materiales, mano de obra, etc., al recombinar todos los factores anteriormente mencionados, resultará una mayor o menor eficiencia según el grado de perfeccionamiento de los medios y métodos utilizados en la transformación de la materia prima.

En el caso de este estudio lo que nos interesa medir es la productividad de la mano de obra, por lo que unade las formas para medirla sería en base a la cantidad de productos obtenidos y la mano de obra utilizada para ello; es decir, la productividad correspondiente estará dada por la relación.

$$\frac{\text{PRODUCTOS OBTENIDOS}}{\text{HORAS DE TRABAJO}}$$

Al obtener el coeficiente, lo podemos comparar con otros reales o estándares y podremos decir si el coeficiente es bajo o alto y si la eficiencia de la mano de obra aumenta o disminuye.

Para medir la productividad no interesan cifras absolutas sino las relativas, que permitan analizar el resultado con otro, establecido como referencia.

Los factores que se podrían utilizar como medio comparativo son:

- Índice o factor de productividad de la propia empresa correspondiente a otro período de ejecución.
- Un índice teórico-óptimo de productividad correspondiente a condiciones ideales, de plena utilización de la capacidad de la empresa.
- Índice productivo de otra empresa similar.
- Un índice estándar de productividad correspondiente a las condiciones normales de trabajo de la empresa.

Si se adopta el tercer criterio de comparación, será muy difícil encontrar una empresa similar a la estudiada,

en tan alto grado que haga fructífero el cotejo, además de la dificultad de conseguir un dato de esta índole de cual - quier otra empresa. El segundo medio de comparación presenta solamente un valor teórico ya que la productividad óptima será muy difícil conseguirla. En cuanto al cuarto criterio de comparación, se podría decir que tiene un sentido - práctico ya que una productividad estándar o normal es una cifra accesible y además superable, ahora que comparando el índice real contra un estándar, se puede deducir el grado - de perfección alcanzado por la empresa.

Si observamos el primer criterio nos daremos cuenta que también es práctico ya que, las primeras mediciones se pueden tomar como base de comparación para las subsecuentes mediciones; sólo existe un inconveniente, y es que los factores que afectan la producción cambian en sentido y magnitud de un período a otro.

La pregunta obligada es: ¿cuál de estos criterios es el más conveniente?, y por supuesto que para cada análisis de medición de la productividad la respuesta adecuada - va a variar de acuerdo a las condiciones que priven en cada compañía, así como también de acuerdo al grado de exactitud que se desee obtener en la medición.

Hasta ahora se ha mencionado una forma de medir la-

productividad y es en base a definiciones y/o relaciones de lo producido entre lo insumido. Para esta forma de medición, generalmente se requiere de tiempos estándar confiables, para que la medición resulte apropiada y no proporcione valores erróneos, que en un momento dado, redunde en toma de decisiones equivocadas de la gerencia.

Para medir la productividad existen otras técnicas o métodos, aunque todos son basados en la relación de elementos insumidos entre elementos obtenidos, como lo son las siguientes fórmulas y criterios.

Marvin E. Mundel dice:

Si medimos las mejoras, debemos tener un dato contra el cual midamos nuestro progreso. Mediremos la productividad como un preludio del aumento de ésta. Por lo tanto, definiremos la productividad basándonos en la definición de mejoras.

Por otro lado, define con el término "Período base" a la representación del funcionamiento de una empresa en un período pasado y usa el término "Período medido" a la representación del funcionamiento de una empresa en un período de tiempo subsecuente al período base.

Llamemos:

PI = índice de productividad

OBP = total de salidas del período base

OMP = total de salidas del período medido

IBP = insumos del período base

IMP = insumos del período medido

Usando la nomenclatura anterior, la fórmula básica para el índice de productividad es:

$$PI = \frac{\frac{OMP}{IMP}}{\frac{OBP}{IBP}} \times 100 \quad (1)$$

Como podemos observar en la fórmula anterior (1), - el numerador está referido al índice de ejecución actual - de la empresa y el denominador está referido al índice de - ejecución del período base.

Una fórmula alternativa y matemáticamente equivalente, y que por medio de la cual encontraremos el índice de - productividad, es:

$$PI = \frac{\frac{OBP}{IBP}}{\frac{OMP}{IMP}} \times 100 \quad (2)$$

En esta otra fórmula se puede observar que el numerador es el índice de las salidas y el denominador es el índice de las entradas o insumos.

Por otro lado, de acuerdo a las diferentes formas de contabilizar y suministrar los datos de los insumos y salidas, se pueden obtener diferentes índices de productividad.

La forma más común de cuantificar y totalizar los insumos para la Mano de Obra es en función de las horas-hombre en un período de tiempo determinado. Algunas formas alternativas de proporcionar los insumos son:

1. Costos de mano de obra directa
2. Costo total de la mano de obra (directa e indirecta)
3. Costos totales
4. Costos de capital
5. La inversión extranjera.

La forma más común de cuantificar las salidas, en términos del mismo denominador, a fin de permitir la totalidad de las formas de salida, es en términos del costo de la mano de obra y algunas formas alternativas son:

1. El valor de las salidas en pesos
2. Utilidades de las salidas
3. Toneladas, pies cúbicos, caballos de fuerza, -
valor de alimentos, etc.

Cualquiera de las formas para cuantificar los insumos generalmente puede ser usada con cualquier forma de -
cuantificar las salidas.

Ejemplos:

Suponemos que tenemos un obrero, el cual tiene un -
sueldo de \$ 10,000.00 mensuales y produce 10 unidades en un
período de tiempo determinado (período base). Posteriormente se mide en otro período (período medido) al mismo obrero,
pero ahora se incrementa la producción a 15 unidades, con -
el auxilio de un ayudante el cual, gana un sueldo de ---
\$3,000.00 mensuales, si calculamos el índice de productivi-
dad, éste resulta:

$$PI = \frac{\frac{15 \text{ UNID.}}{2 \text{ OBREROS}}}{\frac{10 \text{ UNID.}}{1 \text{ OBRERO}}} \times 100 \% = 75\%$$

Si calculamos de nuevo el índice de productividad, -
pero ahora consideramos la entrada en función del costo de
la mano de obra y las salidas simplemente sumando las unida

des, resulta:

$$PI = \frac{\frac{15 \text{ UNID.}}{\$13,000.00}}{\frac{10 \text{ UNID.}}{\$10,000.00}} \times 100\% = 115\%$$

Ahora, en el caso de los países donde la inversión-extranjera es un recurso en extremo escaso, la medición de la productividad de la inversión extranjera puede resultar de suma importancia y de esta manera los dos cálculos anteriores son secundarios en cuanto a importancia. Así que usando los mismos datos mencionados anteriormente pero además en el período base se considera el valor de \$1,000.00 como el costo del uso de la inversión extranjera y suponiendo que en el período medido las dos personas sólo produjeron 8 unidades y que sólo usaron \$500.00 del valor de la moneda extranjera, procedemos a calcular el índice de productividad y resulta:

$$PI = \frac{\frac{8 \text{ UNID.}}{\$ 500.00}}{\frac{10 \text{ UNID.}}{\$1,000.00}} \times 100\% = 160\%$$

De estos últimos tres cálculos podemos observar que es de considerable importancia el tener cuidado y estar seguros de medir el punto o el área que deseamos mejorar. Este artículo fue publicado en la revista "Industrial Engineering" del mes de mayo de 1976.

En conclusión, el criterio que el autor sigue es:

Tomar como referencia un índice del funcionamiento de un período y en base a el, identificar sus variaciones, - hacia arriba o hacia abajo del primer índice, por lo que -- cualquier índice de productividad que quede abajo o igual - al 100% implica un demérito o bien un estancamiento en las - mejoras.

MODELOS PARA EL CALCULO DE PRODUCTIVIDAD TOTAL

En un artículo publicado en la revista "I.E." de junio de 76, por el Sr. William W. Hines, dice que los Sres. - C.E. Craig y R.C. Harris, presentaron un trabajo donde trataban la medición de la productividad con una fórmula total, en la cual consideraban cuatro formas diferentes de insumos y son:

1. La mano de obra
2. Inmuebles, terreno y capital
3. Materias primas y partes
4. Misceláneos, bienes y servicios.

Dicha fórmula o modelo lo definen de la siguiente - manera:

$$P_t = \frac{O_t}{L + C + R + Q} \quad (3)$$

Donde:

P_t = productividad total

O_t = total de elementos (o productos) obtenidos

L = factor de mano de obra invertida

C = factor de capital invertido (incluyendo terreno)

R = factor de materia prima invertida

Q = factor de otros bienes y servicios misceláneos invertidos

Todos los factores de entrada, deben ser cuantificados con la misma unidad de medida y en este caso debe ser en pesos. El total de elementos obtenidos deben ser medidos como la suma de las multiplicaciones de los precios unitarios de los productos vendidos por el volumen de producción de cada artículo producido.

En este caso lo que ellos pretendieron fue identificar el rendimiento que estaban obteniendo a nivel global de costos pues se manejan en pesos las entradas así como las salidas.

El problema que se puede presentar en este caso, es que se dificulta identificar en cuál de los factores es don

de, se está fallando más.

Otro modelo para calcular el índice de productividad total de una empresa es el presentado por Bernard W. Taylor, en la revista "Industrial Engineering" del mes de marzo de 1977, en el cual expone:

Modelo de Factor Total

El factor total de medición de la productividad ha sido definido por varias fuentes. Estos modelos totales intentan reflejar todos los elementos importantes de entrada y salida relacionados con el proceso de manufactura, como los opositores de la medición parcial más tradicional, como lo es la productividad de la mano de obra. El modelo del factor total usado en el caso de este análisis es formulado -- como:

$$T.F.P. = \frac{(S+C+MP) - E}{(W+B) + (Kw+Kf) - F_d - d_f} \quad (4)$$

Donde:

	S = ventas
	C = cambio de inventario
SALIDAS TOTALES	MP = manufacturas planta
	E = exclusiones

INSUMOS DE MANO DE OBRA	W =	sueldos y salarios
	B =	utilidades
INSUMOS DEL AJUSTE DEL INVERSIONISTA	Kw =	capital de trabajo
	Kf =	capital fijo
	F =	ajuste de la contribu- ción del inversionista
	df =	factor deflactor del - precio

Este modelo difiere con otros de factor de medición total en varias cosas, el elemento de diferencia más importante ha sido la exclusión de la materia prima como un insumo en la medición. Muchas compañías consideran la compra de la materia prima, como un fruto de alguna otra forma de mano de obra y tanto como la ofuscación de uno de nuestros esfuerzos de productividad. Por esta razón las materias primas han sido excluidas de los insumos de este modelo.

- En ventas se debe incluir el total de éstas.
- En cambios de inventario, se refiere a que cuando existe un incremento de éstos al año, se debe garantizar una adición a lo obtenido.
- En manufacturas planta se incluyen los elementos -

que deben comprarse a algún proveedor y que en un momento dado se tienen que manufacturar en planta, como lo son las refacciones de maquinaria y/o equipo.

- En exclusiones se incluyen elementos los cuales no representan resultados de los esfuerzos de producción como lo son compras externas de materiales, de apreciación de edificios, equipos y maquinarias, así como las rentas.
- Los insumos de mano de obra incluyen todas las compensaciones monetarias como los sueldos y salarios, incluyendo todas las bonificaciones.
- El capital de trabajo incluye, efectivo, notas, -- cuentas por cobrar e inventariadas y gastos con por te pagado.
- El capital fijo incluye, terrenos, edificios, maqui naria y equipo.

Como podemos observar, existen varios métodos para medir la productividad, algunos muy sencillos y otros muy sofisticados como lo es este último caso, pero en general todas las técnicas y métodos de medición se pueden resumir-

en función de la definición de productividad y la cual expresa que es la relación de los elementos obtenidos entre los elementos insumidos.

Por otro lado, en algunas compañías no existen estándares de trabajo confiables y por supuesto también necesitan medir su productividad, por lo que aplican otro tipo de método para hacer dicha medición y, es aplicando la curva de aprendizaje. Aunque generalmente se aplica a la valoración de la rapidez del aprendizaje de un obrero, en un nuevo método de trabajo, con algunas modificaciones es posible aprovecharlo para medir el incremento de la productividad; primeramente se mencionará la teoría de dicha curva y posteriormente veremos la forma de su aprovechamiento.

* La teoría de la curva de aprendizaje expresa, que cada vez que se duplica la cantidad de unidades producidas, el tiempo unitario de producción decrece proporcionalmente, en función a un determinado porcentaje. Por ejemplo, si se espera obtener un 95% de tasa de mejoramiento, el tiempo unitario medio bajará en un 5% cada vez que se duplique su producción.

En la siguiente tabla se ilustra la declinación del número medio acumulativo de horas por unidad de producción, con la duplicación sucesiva de las cantidades de producción

para un 95% de índice de mejora.

PRODUCCION ACUMULADA	HRS. PROMEDIO ACUMULADAS/UNIDAD	RAZON AL PROME- DIO ACUMULADO-- ANTERIOR
1	100.0	-
2	95.0	95%
4	90.3	95%
8	85.7	95%
16	81.5	95%
32	77.4	95%
64	73.5	95%
128	69.8	95%

Los índices de mejora o aprendizaje varían de acuerdo al tipo de actividad, pero los índices típicos de aprendizaje encontrados, son como sigue:

Trabajo de ensamble fino o grande (como en la fabricación de aeroplanos), del 70% al 80%, en trabajos de soldadura del 80% al 90%, y en trabajos de maquinados del 90% al 95%.

Esta fue la teoría de la curva de aprendizaje, pero como se dijo, para poder aprovechar este recurso como método de medición de la productividad, primeramente es necesario establecer en base a la historia, las curvas de aprendi

zaje necesarias para mantenerlas como patrón y en base a -
ellas, medir un porcentaje de índice de mejora mayor o me -
nor al índice que se espera, por lo que de esta manera se -
obtienen las mejoras en cuanto a la medición de la producti -
vidad, aunque este método no es muy exacto, nos sirve como -
referencia cuando no tenemos tiempos estándar.

Después de presentar varios métodos para medir la -
productividad, seleccionaremos uno de éstos para aplicarlo -
en la compañía.

III-C. METODO PROPUESTO PARA ESTE ESTUDIO

En la selección del método de medición de la productividad que se propone, fue necesario tomar en cuenta la situación actual de la compañía en cuanto a los sistemas de información y datos con los cuales se pueden contar, así que se puede eliminar la técnica de medición por medio de la curva de aprendizaje pues se tienen estándares de trabajo y aunque no son muy confiables, sí nos proporcionan una referencia de nuestro desempeño; ahora al analizar las técnicas de medición de la productividad total, se encontró que resultan demasiado sofisticadas para lo que se busca, además de no contar con muchos de los datos que las fórmulas piden y por otro lado, tenemos que nuestro objetivo es medir la productividad de la mano de obra y no de toda la compañía, así que también quedan descartados estos métodos de medición de la productividad.

Como podemos observar es casi imposible que un método de medición de la productividad se adapte universalmente a cualquier compañía, por lo que se ve la necesidad de desarrollar métodos propios de medición, sofisticándolos tanto como uno quiera o bien, lo necesite. En el caso de esta compañía se propone partir de la definición de productividad, aunque como ya se vió, también existen varias definiciones de productividad, que en general podemos resumirlas-

a la siguiente definición:

Productividad = Es la relación que existe entre los elementos insumidos y los elementos producidos, así que la fórmula queda como:

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{ELEMENTOS PRODUCIDOS}}{\text{ELEMENTOS INSUMIDOS}} \times 100\% \quad (5)$$

Como ya mencionamos, nuestro objetivo es medir la productividad de la mano de obra directa y por lo tanto, si modificamos la fórmula (5), para medir dicha mano de obra resulta:

Que los elementos insumidos los podemos sustituir por las horas invertidas en la producción durante un periodo de tiempo y para que los elementos producidos tengan las mismas unidades, estos últimos se pueden sustituir por horas estándar generadas por cada elemento producido. Así que la fórmula queda:

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D.} = \frac{\text{HRS. STD. GENERADAS}}{\text{HRS. PAGADAS A M.O.D.}} \times 100\% \quad (6)$$

Al intentar aplicar la fórmula (6) anterior, directamente con los datos que se tenían a la mano, resultó una productividad demasiado baja, pues proporcionaba valores al rededor del 30% de productividad, lo cual resultó muy ilógi

co por lo que se investigó la causa de esta productividad - tan baja y se determinó, que era provocada debido a que la planta no reporta todas y cada una de las órdenes de trabajo en el momento de terminar las piezas, pues en algunos ca sos el área de ensamble toma las piezas para terminar algún producto y control de calidad nunca inspecciona dichas piezas y en consecuencia no se cierra la orden.

Debido a este problema, que por causas de costumbre es casi imposible evitarlo, se buscó otra alternativa para medir la productividad para lo cual se revisó toda la infor mación que se tenía, encontrándose con un listado que pro-- porcionaba mes a mes, todas las órdenes de trabajo que se - habían terminado durante el mes, conteniendo el tiempo real acumulado para la elaboración de dicha orden de trabajo y - además el tiempo estándar autorizado por Ingeniería Industr ial para la manufactura de cada orden (se anexa copia). - Aparentemente con este listado es posible calcular la pro - ductividad, pero debido a que el sistema para reportar tiem pos, está diseñado para que se reporte el tiempo perdido a - otras cuentas y no a la orden de trabajo por lo que el tiem po real del listado de órdenes terminadas en el mes excluye los tiempos perdidos y ésto ocasiona que no sea igual al - tiempo pagado. Así que se propuso dividir en dos factores - la fórmula para el cálculo de la productividad. Para lo -- grar estos dos factores la fórmula (6) se multiplicó y se -

dividió por un mismo factor, con el fin de no alterar el resultado, quedando como:

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D.} = \frac{\text{HRS. STD. GENERADAS}}{\text{HRS. PAGADAS A M.O.D.}} \times \frac{Y}{Y} \times 100\% \quad (7)$$

De acuerdo a la propiedad conmutativa de los productos sabemos que el orden de los factores no altera el producto así que la fórmula (7) queda como:

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D.} = \frac{\text{HRS. STD. GENERADAS}}{Y} \times \frac{Y}{\text{HRS. PAGADAS A M.O.D.}} \times 100\% \quad (8)$$

A hora, si a la variable "Y" la definimos como las horas utilizadas y a su vez la definimos como las horas pagadas a M.O.D. menos las horas perdidas por diferentes causas.

$$Y = \text{HRS. UTILIZADAS} = \text{HRS. PAGADAS A M.O.D.} \\ - \text{HRS. PERDIDAS}$$

Sustituyendo a "Y" en la ecuación (8) resulta:

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D.} = \frac{\text{HRS. STD. GENERADAS}}{\text{HRS. UTILIZADAS}} \frac{\text{HRS. UTILIZADAS}}{\text{HRS. PAGADAS A M.O.D.}} \times 100\% \quad (9)$$

Podemos definir a cada uno de los miembros de la ecuación (9) anterior como:

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{HRS. UTILIZADAS}}{\text{HRS. PAGADAS A M.O.D.}} \quad (10)$$

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{HRS. STD. GENERADAS}}{\text{HRS. UTILIZADAS}} \quad (11)$$

Sustituyendo estas dos últimas rotaciones (10) y (11) en la ecuación (9) resulta:

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D.} = \text{Eficiencia} \times \text{rendimiento} \times 100\% \quad (12)$$

De acuerdo a lo anterior, la ecuación (12) para el cálculo de la productividad es válida, y es equivalente a la ecuación (6), la cual parte de la definición de la productividad.

Otro problema que se presenta para poder utilizar la ecuación (6) directamente y que no se mencionó, es la existencia de órdenes de trabajo de tiempo de manufactura muy largo, como lo son los mástiles y las subestructuras los cuales aproximadamente requieren de 6000.0 hrs/hombre y 13,000.0 hrs/hombre respectivamente, pero para estas órdenes existe la limitación de la cantidad de obreros que pueden intervenir al mismo tiempo y que es como máximo 10 obreros, en 2 turnos por día. De acuerdo a lo anterior, la ma-

nufactura de un mástil se llevará:

$$\text{DIAS HABILES} = \frac{6000 \text{ HRS/HOMBRE}}{10 \text{ OBREROS (2TURNOS) (8 HRS/DIA)}} = 37.5 \text{ DIAS HABILES}$$

Lo que ocasiona que muchas órdenes de trabajo tengan un tiempo real de manufactura mayor a un mes y por esta razón no aparezca el tiempo invertido en estas órdenes en el listado de órdenes de trabajo terminadas en el mes. El efecto que ésto provoca son unas variaciones de productividad muy grandes de un mes a otro, pues las horas pagadas por mes son muy constantes, en cambio las horas estándar generadas mes a mes son muy variables pues sólo las podemos obtener después de dar por terminadas las órdenes de trabajo, y como se mencionó anteriormente, las órdenes de trabajo que generan muchas horas estándar normalmente no es posible terminarlas en un mes, y por lo tanto, no aparecen en el listado.

Cabe aclarar que para calcular los dos factores de la fórmula (12) de productividad, se recurre a diferentes fuentes de información, pues por un lado existe un reporte donde aparecen las horas pagadas a M.O.D. y las horas perdidas en general, de aquí es donde se obtiene el factor de eficiencia (10) y por otro lado, existe el reporte de órdenes de trabajo terminadas en el mes en el cual aparece por cada orden de trabajo un tiempo real acumulado y un tiempo-

estándar estimado por Ingeniería Industrial, de aquí es donde se obtiene el factor de rendimiento (11), esta fórmula (12), no tendría razón de ser, a no ser por lo que se expuso anteriormente de este último reporte, el cual sólo es una muestra (estadística) de lo que se debe de reportar como terminado.

A continuación daré un ejemplo del empleo de la fórmula (6) y otro con la fórmula (12) con los mismos datos del mes.

PRODUCTIVIDAD DEL MES DE JULIO DE 1980

Datos:

Horas pagadas a M.O.D.	=	67,950.0
Horas perdidas	=	13,200.0
∴ Hrs. utilizadas	=	54,750.0

Esta información se obtiene del reporte de "Tiempos Trabajados en el mes".

Horas reales (por O.T.)	=	19,270.0
Horas estándar generadas	=	14,020.0

Información del reporte de "Ordenes de Trabajo Terminadas en el mes".

Aplicando directamente la fórmula (6) resulta:

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D.} = \frac{\text{HRS. STD. GENERADAS}}{\text{HRS. PAGADAS A M.O.D.}} \times 100\% = \frac{14020}{67950} \\ \times 100 = 20.6\%$$

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D. (2)} = 20.6\%$$

Ahora, aplicando la fórmula (12) encontramos que - del reporte de "Tiempos Trabajados en el mes" nos resulta:

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{HRS. UTILIZADAS (MES)}}{\text{HRS. PAGADAS}} = \frac{54750.0}{67950.0} = 0.806$$

y del reporte de "Ordenes de Trabajo terminadas en el mes" - resulta:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{HRS. STD. GENERADAS}}{\text{HRS. UTILIZADAS (EN C/O.T.)}} = \frac{14020.0}{19270.0} = 0.728$$

sustituyendo en la fórmula (12);

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D.} = \text{EFICIENCIA} \times \text{RENDIMIENTO} \times 100\% = \\ = 0.806 \times 0.728 \times 100\% = 58.7\%$$

$$\text{PRODUCTIVIDAD M.O.D.} = 58.7\%$$

Como podemos observar los resultados son muy diferentes entre el cálculo con la fórmula (6) y el de la fórmula (12) pues son 20.6% y 58.7% de productividad respectiva-

mente, y por lo tanto es más lógico el segundo.

En realidad, lo único que se está haciendo es obtener los factores (10) y (11), de la fórmula (12), por medio de fuentes de información diferentes y el valor que se está modificando es únicamente las horas utilizadas, pues en el factor (10) se toman las horas utilizadas en la producción del mes exclusivamente, eliminando las horas perdidas por causas ajenas a la producción.

Para el cálculo del factor (11), se toman las horas utilizadas en cada orden de trabajo reportada como terminada y como mencionamos anteriormente, las órdenes de trabajo reportadas como terminadas en el mes son solamente una muestra (estadística), o una parte del total de las órdenes terminadas que se debieran de reportar, enseguida se demostrará por medio de un ejemplo la validez de la suposición de que la relación o porcentaje que se obtuvo de la muestra -- de las órdenes de trabajo terminadas es representativa de la relación o porcentaje del universo de órdenes terminadas.

Se anexa formato propuesto para emitir mensualmente el reporte de productividad de acuerdo a las necesidades de la empresa.



REPORTE DE PRODUCTIVIDAD DEL MES DE: _____

AREAS DISTRIBUCION HRS.	MENSUAL				ACUMULADO			
	A	B	C	D	A	B	C	D
HORAS PAGADAS	A							
HORAS PERDIDAS	B							
1- HORAS PAGO NO TRAB. (131)	1							
2- MANTENIMIENTO	2							
3- MANEJO DE MATS.	3							
4- FALTA E. ELECTRICA	4							
5- REPROCESOS (101101)	5							
7- FALTA DE HERRAMIENTA	7							
9- LLUVIA O INVENTARIO	9							
11- PREP MAQUINAS	11							
12- ASUNTOS SINDICALES	12							
14- ESPERA DE GRUA	14							
19- ENTRENAMIENTO	19							
17- OTROS (16101117)	17							

HORAS UTILIZADAS = A-B	C							
EFICIENCIA = C+A(%)	D							
HORAS PRODUCIDAS (STD)	E							
HORAS REALES UTILIZADAS	F							
RENDIMIENTO = E÷F (%)	G							
PRODUCTIVIDAD DE M. O. D. = D x G								83

ELABORO: _____

INGRIA INDUSTRIAL

FECHA: _____

III-D. JUSTIFICACION DEL METODO

El método para medir la productividad de la mano de obra directa es sencillo pero se presta a una cierta desconfianza por la forma de obtener los valores para el cálculo de los factores de la fórmula (12). Especialmente porque se hace el desglose de los dos factores (10) (11), y es ahí donde se multiplica y se divide la fórmula (6), por una misma cantidad, ésta cantidad es, las horas utilizadas, sólo que al momento de calcular los factores (10 y 11), las horas utilizadas difieren en valor para cada factor.

Ahora analizando la fórmula (12), y la fórmula (6), encontramos que éstas son iguales, pues como se vió ante riormente, matemáticamente es válido hacer esa considera -- ción.

De acuerdo a ésto observamos que para poder aceptar esta forma de medición sólo se requiere justificar que la relación de rendimiento (11), es válida y representativa -- de toda la población, o bien, que la relación Std. Vs. Real de una muestra, nos representa a la relación de estándar -- contra real de una población o universo, pues como se men -- cionó anteriormente, la planta o el departamento de manufac -- tura no reporta todas las piezas que terminan, ya sea por -- negligencia o por descuido.

Esta demostración la podemos desarrollar matemáticamente, pero debido a la complejidad de esta demostración, es más conveniente hacerlo por medio de un ejemplo, en el cual se usarán datos aleatorios; estos fueron obtenidos -- por medio de tablas.

EJEMPLO:

El siguiente ejemplo es con el fin de demostrar que la media obtenida a partir de una serie de muestras tomadas al azar de una población dada, es representativa de la me - dia real de la población total, así que haremos las siguien tes suposiciones, de una compañía:

- Cuenta con 50 máquinas
- Cada una tiene eficiencias diferentes
- Las eficiencias de la tabla (I) son reales
- Las eficiencias son desconocidas en la planta
- Las eficiencias equivalen al rendimiento (fórmula 11).

Para obtener las eficiencias de la tabla (I), se re currió a una tabla (XII), de números aleatorios (anexa) y - en forma secuencial se fueron colocando las eficiencias has ta cubrir las 50 máquinas.

T A B L A 1

MAQ. #	EFICIENCIA								
1-	0.17	11-	0.64	21-	0.36	31-	0.10	41-	0.51
2-	0.63	12-	0.01	22-	0.37	32-	0.21	42-	0.71
3-	0.69	13-	0.72	23-	0.13	33-	0.33	43-	0.40
4-	0.76	14-	0.06	24-	0.81	34-	0.08	44-	0.63
5-	0.26	15-	0.57	25-	0.65	35-	0.47	45-	0.58
6-	0.49	16-	0.97	26-	0.75	36-	0.91	46-	0.47
7-	0.12	17-	0.28	27-	0.87	37-	0.72	47-	0.73
8-	0.97	18-	0.57	28-	0.55	38-	0.03	48-	0.78
9-	0.85	19-	0.46	29-	0.21	39-	0.95	49-	0.96
10-	0.45	20-	0.76	30-	0.41	40-	0.42	50-	0.41

Como dichas eficiencias se desconocen, el gerente - solicita al departamento de Ingeniería Industrial que al menos investigue la eficiencia promedio de las 50 máquinas, - sin embargo no es posible medir la eficiencia de cada una - de las máquinas, ya que sería muy costoso y llevaría mucho tiempo medirlas y en consecuencia cuando se terminara de medir el valor sería obsoleto, pero como es necesario obtener el dato para poder planear la producción, el departamento - de Ingeniería Industrial decide hacer un muestreo, al azar, para lo cual asignan a un analista, el cual tiene la capacidad de medir la eficiencia de tres máquinas en dos semanas.

Después de ocho semanas, los resultados obtenidos - fueron los siguientes:

S E M A N A S							
MAQ.	2	MAQ.	4	MAQ.	6	MAQ.	8
	EFICIENCIA		EFICIENCIA		EFICIENCIA		EFICIENCIA
36-	0.91	3-	0.69	21-	0.36	6-	0.49
47-	0.73	5-	0.26	45-	0.58	2-	0.63
29-	0.21	48-	0.78	38-	0.03	13-	0.72

Número de máquinas muestreadas = 12 = n

Media de la muestra = 0.53 = \bar{x}

Para indicar la dispersión de los datos, se determinana la desviación estándar " σ " en base a la media " \bar{x} " y pa-

ra determinar el error estándar " $z \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ", se necesita de la desviación estándar " σ ", el número de datos " n ", y el parámetro " z ", el cual se obtiene de tablas.

Así que calculando la desviación estándar " σ " resulta $\sigma = 0.2544$.

En base a la desviación estándar, calculamos el error estándar, para esto se recurre a la tabla IV, y al obtener " z " para un 90% de confiabilidad, resulta que:

$$z = 1.645$$

$$E = z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = (1.645) \frac{0.2544}{\sqrt{12}} = 0.12$$

Con esta información y basándonos en el teorema del "Límite Central" (ver nota), llegamos a la conclusión de que la media de la población total estimada " μ_e ", se encuentra en el siguiente intervalo, con un 90.0% de confiabilidad:

$$\mu_e = \bar{x} \pm E = 0.53 \pm 0.12$$

Por lo tanto:

$$0.41 < \mu_e < 0.65$$

Suponiendo que meses más tarde el departamento de Ingeniería Industrial, adquiere un equipo especial para poder medir rápidamente las eficiencias de las cincuenta máquinas, la tabla (1) se hace conocida por lo que al obtener la media y la desviación estándar de toda la población (50-máquinas) resulta:

$$\text{Media de la población total} = \mu = 0.52$$

Comparando la media de la población total " μ " contra la media de la muestra " \bar{x} " resulta:

$$\bar{x} = 0.53 \text{ y } \mu = 0.52$$

Como podemos observar, son muy similares además de que la media de la población total " μ ", se encuentra dentro del intervalo de la media de la población total estimada " μ_e " con un 90.0% de confiabilidad.

CONCLUSION

De acuerdo a lo anterior podemos estar seguros de que la media de una muestra " \bar{x} " es muy similar a la media de la población " μ ", por lo que queda justificado que el uso del factor de rendimiento (11), obtenido en base a una muestra aleatoria mensual, es representativo del valor del-

rendimiento de la población total de las órdenes de trabajo terminadas en el mes y que serían todas las que debieran de reportar.

NOTA:

"Teorema del límite central

Si "x" posee una distribución con media " μ ", y una desviación estándar " σ ", entonces la media de la muestra " \bar{x} ", basada en una muestra aleatoria de tamaño "n", tendrá una distribución que se aproxime a la distribución normal de una variable con media " μ " y desviación estándar $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, cuando "n" tienda a infinito.

Fuente:

Basic Statistics For
Business and Economics
De Hoel-Jessen, 2a. Edición, John Wiley & Sons.

NUMEROS ALEATORIOS

APPENDIX TABLES 511

Table XII Random numbers

31	75	15	72	60	68	98	00	53	39	15	47	04	83	55	88	65	12	25	96	03	15	21	91	21
08	49	29	93	82	14	45	40	45	04	20	09	49	89	77	74	84	39	34	13	22	10	97	85	08
30	93	44	77	44	07	48	18	38	28	73	78	80	65	33	28	59	72	04	05	94	20	52	03	80
22	88	84	80	93	27	49	99	87	48	60	53	04	51	28	74	02	28	46	17	82	03	71	02	68
78	21	21	69	93	35	90	29	13	86	44	37	21	54	86	65	74	11	40	14	87	48	13	72	20
41	84	98	45	47	46	85	05	23	26	34	67	75	83	00	74	91	06	43	45	19	32	58	15	49
46	35	23	30	49	69	24	89	34	60	45	30	50	75	21	61	31	83	18	55	14	41	37	09	51
11	08	79	62	94	14	01	33	17	92	59	74	76	72	77	76	50	33	45	13	39	66	37	75	44
52	70	10	83	37	56	30	38	73	15	16	52	06	96	76	11	65	49	98	93	02	18	16	81	61
57	27	53	68	98	81	30	44	85	85	68	65	22	73	76	92	85	25	58	66	88	44	80	35	84
20	85	77	31	56	70	28	42	43	26	79	37	59	52	20	01	15	96	32	67	10	62	24	83	91
15	63	38	49	24	90	41	59	36	14	33	52	12	66	65	55	82	34	76	41	86	22	53	17	04
92	69	44	82	97	39	90	40	21	15	59	58	94	90	67	66	82	14	15	75	49	76	70	40	37
77	61	31	90	19	88	15	20	00	80	20	55	49	14	09	96	27	74	82	57	50	81	60	76	16
38	68	83	24	86	45	13	46	35	45	59	40	47	20	59	43	94	75	16	80	43	85	25	96	93
25	16	30	18	89	70	01	41	50	21	41	29	06	73	12	71	85	71	59	57	68	97	11	14	03
65	25	10	76	29	37	23	93	32	95	05	87	00	11	19	92	78	42	63	40	18	47	76	56	22
36	81	54	36	25	18	63	73	75	09	82	44	49	90	05	04	92	17	37	01	14	70	79	39	97
64	39	71	16	92	05	32	78	21	62	20	24	78	17	59	45	19	72	53	32	83	74	52	25	67
04	51	52	56	24	95	09	66	79	46	48	46	08	55	58	15	19	11	87	82	16	93	03	33	61
15	88	09	22	61	17	29	28	81	90	61	78	14	88	98	92	52	52	12	83	88	58	16	00	98
71	92	60	08	19	59	14	40	02	24	30	57	09	01	94	18	32	90	69	99	26	85	71	92	38
64	42	52	81	08	16	55	41	60	16	00	04	28	32	29	10	33	33	61	68	65	61	79	48	34
79	78	22	39	24	49	44	03	04	32	81	07	73	15	43	95	21	66	48	65	13	65	85	10	81
35	33	77	45	38	44	55	36	46	72	90	96	04	18	49	93	86	54	46	08	93	17	63	48	51
05	24	92	93	29	19	71	59	40	82	14	73	88	66	67	43	70	86	63	54	93	69	22	55	27
56	46	39	93	80	38	79	38	57	74	19	05	61	39	39	46	08	22	76	47	66	14	66	32	10
96	29	63	31	21	54	19	63	41	08	75	81	48	59	86	71	17	11	51	02	28	99	26	31	65
98	38	03	62	69	60	01	40	72	01	62	44	84	63	85	42	17	58	83	50	46	18	24	91	26
52	56	76	43	50	16	31	55	39	69	80	39	58	11	14	54	35	86	45	78	47	26	91	57	47
78	49	89	08	30	25	95	59	92	36	43	28	69	10	64	99	96	99	51	44	64	42	47	73	77
49	55	32	42	41	08	15	08	95	35	08	70	39	10	41	77	32	38	10	79	45	12	79	36	86
32	15	10	70	75	83	15	51	02	52	73	10	08	86	18	23	89	18	74	18	45	41	72	02	68
11	31	45	03	63	26	86	02	77	99	49	41	68	35	34	19	18	70	80	59	76	67	70	21	10
12	36	47	12	10	87	05	25	02	41	90	78	59	78	89	81	39	95	81	30	64	43	90	56	14
09	18	82	00	97	32	82	53	95	27	04	22	08	63	04	83	38	98	73	74	64	27	85	80	44
90	04	58	54	97	51	98	15	06	54	94	93	88	19	97	91	87	07	61	50	68	47	66	46	59
73	18	95	02	07	47	67	72	62	69	62	29	06	44	64	27	12	46	70	18	41	36	18	27	60
75	76	87	64	90	20	97	18	17	49	90	42	91	22	72	95	37	50	58	71	93	82	34	31	78
54	01	64	40	56	66	28	13	10	03	00	68	22	73	98	20	71	45	32	95	07	70	61	78	13
08	35	85	99	10	78	54	24	27	85	13	66	15	88	73	04	61	89	75	53	31	22	30	84	20
28	30	60	32	64	81	33	31	05	91	40	51	00	78	93	32	60	46	04	75	94	11	90	18	40
53	84	08	62	33	81	59	41	36	28	51	21	59	02	90	28	46	66	87	95	77	76	22	07	91
91	72	75	37	41	61	61	36	22	69	50	26	39	02	12	55	78	17	65	14	83	48	34	70	55
89	41	59	26	94	00	39	75	83	91	12	60	71	76	46	48	94	97	23	06	94	54	13	74	08

APPENDIX TABLES 513

Table XII Random numbers (continued)

66	06	74	27	92	95	04	35	26	80	46	78	05	64	87	09	97	15	94	81	37	00	62	21	86
54	24	49	10	30	45	54	77	08	18	59	84	99	61	69	61	45	92	16	47	87	41	71	71	98
30	94	55	75	89	31	73	25	72	60	47	67	00	76	54	46	37	62	53	66	94	74	64	95	80
69	17	03	74	03	86	99	59	03	07	34	30	47	18	03	26	82	50	55	11	12	45	99	13	14
08	34	58	89	75	35	84	18	57	71	08	10	55	99	87	87	11	22	14	76	14	71	37	11	81
27	76	74	35	84	85	30	18	89	77	29	49	06	97	14	73	03	54	12	07	74	69	90	93	10
13	02	51	43	38	54	06	61	52	43	47	72	46	67	33	47	43	14	39	05	31	04	85	66	99
80	21	73	62	92	98	52	52	43	35	24	43	22	48	96	43	27	75	88	74	11	46	61	60	82
10	87	56	20	04	90	39	16	11	05	57	41	10	63	68	53	85	63	07	43	08	67	08	47	41
54	12	75	73	26	26	62	91	90	87	24	47	28	87	79	30	54	02	78	86	61	73	27	54	54
33	71	34	80	07	93	58	47	28	69	51	92	66	47	21	58	30	32	98	22	93	17	49	39	72
85	27	48	68	93	11	30	32	92	70	28	83	43	41	37	73	51	59	04	00	71	14	84	36	43
84	13	38	96	40	44	03	55	21	66	73	85	27	00	91	61	22	26	05	61	62	32	71	84	23
56	73	21	62	34	17	39	59	61	31	10	12	39	16	22	85	49	65	75	60	81	60	41	88	80
65	13	85	68	06	87	64	88	52	61	34	31	36	58	61	45	87	52	10	69	85	64	44	72	77
38	00	10	21	76	81	71	91	17	11	71	60	29	29	37	74	21	96	40	49	65	58	44	96	98
37	40	29	63	97	01	30	47	75	86	56	27	11	00	86	47	32	46	26	05	40	03	03	74	38
97	12	54	03	48	87	08	33	14	17	21	81	53	92	50	75	23	76	20	47	15	50	12	95	78
21	82	64	11	34	47	14	33	40	72	64	63	88	59	02	49	13	90	64	41	03	85	65	45	52
73	13	54	27	42	95	71	90	90	35	85	79	47	42	96	08	78	98	81	56	64	69	11	92	02
07	63	87	79	29	03	06	11	80	72	96	20	74	41	56	23	82	19	95	38	04	71	36	69	94
60	52	88	34	41	07	95	41	98	14	59	17	52	06	95	05	53	35	21	39	61	21	20	64	55
83	59	63	56	55	06	95	89	29	83	05	12	80	97	19	77	43	35	37	83	92	30	15	04	98
10	85	06	27	46	99	59	91	05	07	13	49	90	63	19	53	07	57	18	39	06	41	01	93	62
39	82	09	89	52	43	62	26	31	47	64	42	18	08	14	43	80	00	93	51	31	02	47	31	67
59	58	00	64	78	75	56	97	88	00	88	83	55	44	86	23	76	80	61	56	04	11	10	84	08
38	50	80	73	41	23	79	34	87	63	90	82	29	70	22	17	71	90	42	07	95	95	44	99	53
30	69	27	06	68	94	68	81	61	27	56	19	68	00	91	82	06	76	34	00	05	46	26	92	00
65	44	39	56	59	18	28	82	74	37	49	63	22	40	41	08	33	76	56	76	96	29	99	08	36
27	26	75	02	64	13	19	27	22	94	07	47	74	46	06	17	98	54	89	11	97	34	13	03	58
38	10	17	77	56	11	65	71	38	97	95	88	95	70	67	47	64	81	38	85	70	66	99	34	06
39	64	16	94	57	91	33	92	25	02	92	61	38	97	19	11	94	75	62	03	19	32	42	05	04
84	05	44	04	55	99	39	66	36	80	67	66	76	06	31	69	18	19	68	45	38	52	51	16	00
47	46	80	35	77	57	64	96	32	66	24	70	07	15	94	14	00	42	31	53	69	24	90	57	47
43	32	13	13	70	28	97	72	38	96	76	47	96	85	62	62	34	20	75	89	08	89	90	59	85
64	28	16	18	26	18	55	56	49	37	13	17	33	33	65	78	85	11	64	99	87	06	41	30	75
66	84	77	04	95	32	35	00	29	85	86	71	63	87	46	26	31	37	74	63	55	38	77	26	81
72	46	13	32	30	21	52	95	34	24	92	58	10	22	62	78	43	86	62	76	18	39	67	35	38
21	03	29	10	50	13	05	81	62	18	12	47	05	65	00	15	29	27	61	39	59	52	65	21	13
95	36	26	70	11	06	65	11	61	36	01	01	60	08	57	55	01	85	63	74	35	82	47	17	08
40	71	29	73	80	10	40	45	54	52	34	03	06	07	26	75	21	11	02	71	36	63	36	84	24
58	27	56	17	64	97	58	65	47	16	50	25	94	63	45	87	19	54	60	92	26	78	76	09	39
89	51	41	17	88	68	22	42	34	17	73	95	97	61	45	30	34	24	02	77	11	04	97	20	49
15	47	25	06	69	48	13	93	67	32	46	87	43	70	88	73	46	50	98	19	58	86	93	52	20
12	12	00	61	24	51	24	74	43	02	60	88	35	21	09	21	43	73	67	86	49	22	67	78	37

514 APPENDIX TABLES

Table XII Random numbers (continued)

03 99 11 04 61	93 71 61 68 94	66 08 32 46 53	84 60 95 82 32	88 61 81 91 61
38 55 59 55 54	32 88 65 97 80	08 35 56 08 60	29 73 54 77 62	71 29 92 38 53
17 54 67 37 04	92 05 24 62 15	55 12 12 92 81	59 07 60 79 36	27 95 45 89 09
32 64 35 28 61	95 81 90 68 31	00 91 19 89 36	76 35 59 37 79	80 86 30 05 14
69 57 26 87 77	39 51 03 59 05	14 06 04 06 19	29 54 96 96 16	33 56 46 07 80
24 12 26 65 91	27 69 90 64 94	14 84 54 66 72	61 95 87 71 00	90 89 97 57 54
61 19 63 02 31	92 96 26 17 73	41 83 95 53 82	17 26 77 09 43	78 03 87 02 67
30 53 22 17 04	10 27 41 22 02	39 68 52 33 09	10 06 16 88 29	55 98 66 64 85
03 78 89 75 99	75 86 72 07 17	74 41 65 31 66	35 20 83 33 74	87 53 90 88 23
48 22 86 33 79	85 78 34 76 19	53 15 26 74 33	35 66 35 29 72	16 81 86 03 11
60 36 59 46 53	35 07 53 39 49	42 61 42 92 97	01 91 82 83 16	98 95 37 32 31
83 79 94 24 02	56 62 33 44 42	34 99 44 13 74	70 07 11 47 36	09 95 81 80 65
32 96 00 74 05	36 40 98 32 32	99 38 54 16 00	11 13 30 75 86	15 91 70 62 53
19 32 25 38 45	57 62 05 26 06	66 49 76 86 46	78 13 86 65 59	19 64 09 94 13
11 22 09 47 47	07 39 93 74 08	48 50 92 39 29	27 48 24 54 76	85 24 43 51 59
21 44 58 27 93	24 83 19 32 41	14 19 97 62 68	70 88 36 80 02	03 82 91 74 43
72 51 37 64 00	52 22 59 23 48	62 30 89 84 81	29 74 43 31 65	33 14 16 10 20
71 47 94 50 27	76 16 05 74 11	13 78 01 36 32	52 30 87 77 62	88 87 43 36 97
83 21 05 14 66	09 08 85 03 95	26 74 30 53 06	21 70 67 00 01	99 43 98 07 67
68 74 99 51 48	94 89 77 86 36	96 75 00 90 24	94 53 89 11 43	96 69 36 18 86
05 18 47 57 63	47 07 58 81 58	05 31 35 34 39	14 90 80 88 30	60 09 62 15 51
13 65 16 25 46	96 89 22 52 40	47 51 15 84 83	87 34 27 88 18	07 85 53 92 69
00 56 62 12 20	00 29 22 40 09	25 07 22 95 19	52 54 85 40 91	21 28 22 12 96
50 95 81 76 95	58 07 26 89 90	60 32 99 59 55	71 58 66 34 17	35 94 76 78 07
57 62 16 45 47	46 85 03 79 81	38 52 70 90 37	64 75 60 33 24	04 98 68 36 66
09 28 22 58 44	79 13 97 84 35	35 42 84 35 61	69 79 96 33 14	12 99 19 35 16
23 39 49 42 06	93 43 23 78 36	94 91 92 68 46	02 55 57 44 10	94 91 54 81 99
05 28 03 74 70	93 62 20 43 45	15 09 21 95 10	18 09 41 66 13	78 23 45 00 01
95 49 19 79 76	38 30 63 21 92	82 63 95 46 24	72 43 49 26 06	23 19 17 46 93
78 52 10 01 04	18 24 87 55 83	90 32 65 07 85	54 03 46 62 51	35 77 41 46 92
96 34 54 45 79	85 93 24 40 53	75 70 42 08 40	86 58 38 39 44	52 45 67 37 66
77 96 33 11 51	32 36 49 16 91	47 35 74 03 38	23 43 52 40 65	08 45 89 53 66
07 52 01 12 94	23 23 80 17 48	41 69 06 73 28	54 81 43 77 77	10 05 74 23 32
38 42 30 23 09	70 70 38 57 36	46 14 81 42 58	29 23 61 21 52	05 08 86 58 25
02 46 36 55 33	21 19 96 05 55	33 92 80 18 17	07 39 68 92 15	30 72 22 21 02
83 76 10 08 73	43 25 38 41 45	60 83 32 59 83	01 29 14 13 49	20 36 80 71 26
14 38 70 63 45	80 85 40 92 79	43 52 90 63 18	38 38 47 47 61	41 19 63 74 80
51 32 19 22 46	80 08 87 70 74	88 72 25 67 36	66 16 44 94 31	66 91 93 16 78
72 47 20 00 08	80 89 01 80 02	94 81 33 19 00	54 15 58 34 36	35 35 25 41 31
05 46 65 53 06	93 12 81 84 64	74 45 79 05 61	72 84 81 18 34	79 98 26 84 16
39 52 87 24 84	82 47 42 55 93	48 54 53 52 47	18 61 91 36 74	18 61 11 92 41
81 61 61 87 11	53 34 24 42 76	75 12 21 17 24	74 62 77 37 07	58 31 91 59 97
07 58 61 61 20	82 64 12 28 20	92 90 41 31 41	32 39 21 97 63	61 19 96 79 40
90 76 70 42 35	13 57 41 72 00	69 90 26 37 42	78 46 42 25 01	18 62 79 08 72
40 18 82 81 93	29 59 38 86 27	94 97 21 15 98	62 09 53 67 87	00 44 15 89 97

514 APPENDIX TABLES

Table XII Random numbers (continued)

03 99 11 04 61	93 71 61 68 94	66 08 32 46 53	84 60 95 82 32	88 61 81 91 61
38 55 59 55 54	32 88 65 97 80	08 35 56 08 60	29 73 54 77 62	71 29 92 38 53
17 54 67 37 04	92 05 24 62 15	55 12 12 92 81	59 07 60 79 36	27 95 45 89 09
32 64 35 28 61	95 81 90 68 31	00 91 19 89 36	76 35 59 37 79	80 86 30 05 14
69 57 26 87 77	39 51 03 59 05	14 06 04 06 19	29 54 96 96 16	33 56 46 07 80
24 12 26 65 91	27 69 90 64 94	14 84 54 66 72	61 95 87 71 00	90 89 97 57 54
61 19 63 02 31	92 96 26 17 73	41 83 95 53 82	17 26 77 09 43	78 03 87 02 67
30 53 22 17 04	10 27 41 22 02	39 68 52 33 09	10 06 16 88 29	55 98 66 64 85
03 78 89 75 99	75 86 72 07 17	74 41 65 31 66	35 20 83 33 74	87 53 90 88 23
48 22 86 33 79	85 78 34 76 19	53 15 26 74 33	35 66 35 29 72	16 81 86 03 11
60 36 59 46 53	35 07 53 39 49	42 61 42 92 97	01 91 82 83 16	98 95 37 32 31
83 79 94 24 02	56 62 33 44 42	34 99 44 13 74	70 07 11 47 36	09 95 81 80 65
32 96 00 74 05	36 40 98 32 32	99 38 54 16 00	11 13 30 75 86	15 91 70 62 53
19 32 25 38 45	57 62 05 26 06	66 49 76 86 46	78 13 86 65 59	19 64 09 94 13
11 22 09 47 47	07 39 93 74 08	48 50 92 39 29	27 48 24 54 76	85 24 43 51 59
21 44 58 27 93	24 83 19 32 41	14 19 97 62 68	70 88 36 80 02	03 82 91 74 43
72 51 37 64 00	52 22 59 23 48	62 30 89 84 81	29 74 43 31 65	33 14 16 10 20
71 47 94 50 27	76 16 05 74 11	13 78 01 36 32	52 30 87 77 62	88 87 43 36 97
83 21 05 14 66	09 08 85 03 95	26 74 30 53 06	21 70 67 00 01	99 43 98 07 67
68 74 99 51 48	94 89 77 86 36	96 75 00 90 24	94 53 89 11 43	96 69 36 18 86
05 18 47 57 63	47 07 58 81 58	05 31 35 34 39	14 90 80 88 30	60 09 62 15 51
13 65 16 25 46	96 89 22 52 40	47 51 15 84 83	87 34 27 88 18	07 85 53 92 69
00 56 62 12 20	00 29 22 40 09	25 07 22 95 19	52 54 85 40 91	21 28 22 12 96
50 95 81 76 95	58 07 26 89 90	60 32 99 59 55	71 58 66 34 17	35 94 76 78 07
57 62 16 45 47	46 85 03 79 81	38 52 70 90 37	64 75 60 33 24	04 98 68 36 66
09 28 22 58 44	79 13 97 84 35	35 42 84 35 61	69 79 96 33 14	12 99 19 35 16
23 39 49 42 06	93 43 23 78 36	94 91 92 68 46	02 55 57 44 10	94 91 54 81 99
05 28 03 74 70	93 62 20 43 45	15 09 21 95 10	18 09 41 66 13	78 23 45 00 01
95 49 19 79 76	38 30 63 21 92	82 63 95 46 24	72 43 49 26 06	23 19 17 46 93
78 52 10 01 04	18 24 87 55 83	90 32 65 07 85	54 03 46 62 51	35 77 41 46 92
96 34 54 45 79	85 93 24 40 53	75 70 42 08 40	86 58 38 39 44	52 45 67 37 66
77 96 33 11 51	32 36 49 16 91	47 35 74 03 38	23 43 52 40 65	08 45 89 53 66
07 52 01 12 94	23 23 80 17 48	41 69 06 73 28	54 81 43 77 77	10 05 74 23 32
38 42 30 23 09	70 70 38 57 36	46 14 81 42 58	29 23 61 21 52	05 08 86 58 25
02 46 36 55 33	21 19 96 05 55	33 92 80 18 17	07 39 68 92 15	30 72 22 21 02
83 76 16 08 73	43 25 38 41 45	60 83 32 59 83	01 29 14 13 49	20 36 80 71 26
14 38 70 63 45	80 85 40 92 79	43 52 90 63 18	38 38 47 47 61	41 19 63 74 80
51 32 19 22 46	80 08 87 70 74	88 72 25 67 36	66 16 44 94 31	66 91 93 16 78
72 47 20 00 08	80 89 01 80 02	94 81 33 19 00	54 15 58 34 36	35 35 25 41 31
05 46 65 53 06	93 12 81 84 64	74 45 79 05 61	72 84 81 18 34	79 98 26 84 16
39 52 87 24 84	82 47 42 55 93	48 54 53 52 47	18 61 91 36 74	18 61 11 92 41
81 61 61 87 11	53 34 24 42 76	75 12 21 17 24	74 62 77 37 07	58 31 91 59 97
07 58 61 61 20	82 64 12 28 20	92 90 41 31 41	32 39 21 97 63	61 19 96 79 40
90 76 70 42 35	13 57 41 72 00	69 90 26 37 42	78 46 42 25 01	18 62 79 08 72
40 18 82 81 93	29 59 38 86 27	94 97 21 15 98	62 09 53 67 87	00 44 15 89 97

C A P I T U L O I V

TIEMPOS ESTANDAR

TIEMPOS ESTANDAR

En primera instancia definiremos lo que es un estándar y posteriormente entraremos a la definición de un tiempo estándar así que:

Un estándar de medición, en términos cuantitativos es el denominador o la base que nos sirve para expresar un fenómeno o una característica, por ejemplo un estándar casi universal son las unidades de tiempo, la hora, minutos y segundos, o bien la unidad de longitud, el metro. En sí, un estándar es una unidad de medición arbitraria y su única restricción es que sea aceptada por las personas que lo manejan o usan, y que sea comunicable, por otro lado, no es necesario que el estándar sea universal, como ya se mencionó solamente debe aceptarse por las personas que lo usan como lo pueden ser los estándares de calidad de alguna compañía o bien sus propios tiempos estándar.

Tiempo Estándar = es el tiempo necesario para completar un ciclo de una operación, cuando ésta se ejecuta con un método de trabajo determinado y a una velocidad normal.

La importancia de los tiempos estándar radica principalmente en su aplicación, ya que nos pueden servir para:

Elaborar las órdenes de producción:

En la cual se indicaría la carga de trabajo o de la máquina, elaboración del método de manufactura (proceso), y la fecha probable de entrega.

En el diseño del producto:

Analizando los métodos posibles de producción en función del costo del producto, la clase de materiales para la manufactura del producto en función de su costo.

Diseñar herramientas, plantillas e instalaciones:

Analizando el costo de manufactura de las herramientas y plantillas, o bien el uso de diferentes materiales en función del costo y utilización.

Diseñar equipos de producción.

La selección de equipo, para el costo de operación, montaje y cantidad de equipo necesario en función de la capacidad de éste.

La planificación y el control de la producción.

El presupuesto y control de costos.

Los requerimientos o necesidades de mano de obra.

El movimiento de materiales.

Reparaciones de mantenimiento.

La estimación de costos con el fin de determinar un adecuado precio de venta.

Los planes de incentivos.

La mejora de métodos.

En sí podríamos seguir enumerando una lista interminable de aplicaciones de los tiempos estándar pero con -
ésto se dá una idea de la importancia que tienen éstos dentro de una empresa, por otro lado, cualquier sistema de --
tiempos estándar está sujeto continuamente a presiones, las cuales tienden a debilitarlo. La principal presión es la -
que ejerce la mano de obra, pues ésta va desde una amistosa ironía durante el estudio de tiempos hasta llegar a las huelgas, pasando por el deliberado desempeño lento, con tal de -
comprobar la falsedad de dichos estándares. Otra forma de presión es la ejercida por la gente administrativa de cualquier nivel, desde el encargado de la producción, el cual -
está interesado en que salgan los cálculos con tiempos estándares favorables a él, y hasta el presidente o gerente -

de la compañía que está preocupado por las múltiples quejas de los tiempos estándares aparentemente injustos. Se ha -- mencionado mucho la aplicación de los tiempos estándar y no hemos dicho cuál es la forma de calcularlos, así que a continuación lo haremos.

IV-A. TECNICAS Y METODOS DE OBTENCION DE TIEMPOS ESTANDAR

En la actualidad encontramos una gran variedad de métodos y técnicas de obtención de tiempos estándar, de las cuales muchas de ellas son publicadas y conocidas por medio de libros o revistas, pero también existen otros métodos y técnicas, que se desarrollan particularmente por medio de alguna compañía y que por supuesto son de uso exclusivo de éstas y sus filiales por lo que son públicamente desconocidas, al menos durante algún tiempo pues casi todas las técnicas actuales fueron desarrolladas particularmente a principios de siglo y actualmente son del dominio público en general.

A continuación daremos una breve descripción de las técnicas y métodos más comunes con el fin de que más adelante se seleccione un tipo de método o técnica para la determinación de estándares de trabajo dentro de esta compañía y posteriormente justificar su selección.

Para describir las técnicas y métodos de obtención de tiempos estándar de la mano de obra, las clasificaremos en tres medios o métodos de obtención, los cuales son:

1. Tiempos estándar estimados
2. Tiempos estándar históricos
3. Tiempos estándar por medio de medición o estudio del trabajo.

1. TIEMPOS ESTANDAR ESTIMADOS

Algunas compañías han empleado las estimaciones como método de obtención de tiempos estándar, pues en un momento de su desarrollo no requirieron una precisión mayor, pero debido a la creciente competencia de otros fabricantes nacionales y extranjeros han desarrollado un esfuerzo mayor para determinar tiempos estándar basados más en hechos, que en juicios, apreciaciones y experiencias. Además, a través de los años nos damos cuenta de que es imposible establecer tiempos estándar justos y consistentes, con el simple hecho de analizar un plano o un trabajo y en base a la experiencia, determinar el tiempo estándar estimado, pues en un lapso de tiempo estos estándares estimados se apartarán de la realidad.

Como podemos imaginarnos, siempre es mejor tener --

tiempos estándar estimados, a no tener estándares de tiempo, y como se mencionó anteriormente, algunas compañías los utilizaron en un momento dado de su desarrollo, creo que esto se pudo haber dado mucho más en años anteriores, pues el nivel de competencia de la misma línea de productos era nulo. Actualmente en casi todas las líneas de productos existe -- una gran competencia, por lo que este método queda obsoleto y nos puede llevar por caminos equivocados de desarrollo. - El único beneficio que se gana, con este método de obtención de tiempos estándar, es que el costo de obtención y el cálculo son muy bajos al igual que su mantenimiento, además de su rápida obtención.

Debido a la obsolescencia de este método, pasaremos a otro método de obtención de tiempos estándar el cual es - mucho mejor que las estimaciones pero con sus debidas reservas.

2. TIEMPOS ESTANDAR HISTORICOS

Como ya mencionamos anteriormente este método de obtención de tiempos estándar es mucho mejor que el método de tiempos estándar estimados en base a la experiencia. Este método se basa en el simple registro de tiempos empleados-- en trabajos semejantes o iguales realizados con anterioridad.

Cada compañía tiene su forma característica de registrar sus tiempos históricos y por consiguiente existe una gran variedad para hacerlo. En estas formas o sistemas para captar la información, por necesidad se registra el tiempo que un obrero utilizó para ejecutar ese trabajo, pero no registra el tiempo que debía haber efectuado para ejecutar dicho trabajo.

En consecuencia, como los obreros desean justificar toda su jornada, en muchos casos quedan incluidos los retrasos personales, los retrasos inevitables y lo peor del caso, también quedan incluidos los retrasos evitables en mayor grado de lo debido, mientras que en otros no se tiene la proporción adecuada del tiempo de retrasos. Lo anterior crea una gran incertidumbre acerca de su confiabilidad, pero sin embargo, es mejor usar tales registros que no utilizar ninguno como base para determinar tiempos estándar para la mano de obra.

Como ya se dijo, este método dá resultados más fidedignos que el método de tiempos estándar estimados, pero aún así, no aporta resultados lo suficientemente válidos -- como para asegurar que existan valores equitativos y competitivos de costos de mano de obra, así que pasaremos al tercer grupo de métodos de obtención de tiempos estándar.

3. TIEMPOS ESTANDAR POR MEDIO DE MEDICION O ESTUDIO - DEL TRABAJO

Dentro de esta metodología existen varias técnicas para la medición y/o estudio del trabajo, algunas de ellas y las principales son:

- a) Estudio de tiempos cronometrados
- b) Datos estándares
- c) Fórmulas de tiempos
- d) Muestreo del trabajo
- e) Estudio de tiempos predeterminados o tiempos de movimientos básicos sintéticos.

a) ESTUDIO DE TIEMPOS CRONOMETRADOS

Desde un punto de vista muy personal, una de las técnicas de medición del trabajo más difundidas dentro de la industria, lo es la técnica de medición del trabajo por medio del estudio de tiempos cronometrados.

Esta técnica es muy sencilla de realizar, pues sólo requerimos cumplir con los siguientes pasos preliminares:

- Avisar al personal involucrado
- Verificar las condiciones de trabajo

- Registrar la información adicional al estudio de -- tiempos
- Desglosar en elementos la operación.

Posteriormente, debemos tomar un cronómetro para medir y registrar el tiempo empleado en cada elemento de ci-clo de la operación desarrollada por un trabajador, de preferencia durante un cierto número de repeticiones consecutivas. Algo muy importante es llegar a determinar el número de veces que se debe medir, para esto existen técnicas estadísticas por medio de las cuales se puede obtener dicho número de veces, pero también es posible y más versátil, si el analista tiene el suficiente criterio, que él decida el momento en que ha recopilado el número suficiente de datos y por consecuencia dé fin al estudio de tiempos. Algo que deberá tomar en cuenta el analista, es la importancia de -- ese estudio, la exactitud requerida del trabajo a medir, la uniformidad del desempeño del operador, la longitud característica del ciclo, la reputación del operario observado y algunos otros factores.

Otra forma que nos ayuda a decidir el número de ci-clos a cronometrar, es por medio de políticas establecidas en cada compañía, las cuales están estipuladas en contratos colectivos de trabajo. Otras compañías desarrollan estu-dios en base a sus condiciones y necesidades, estableciendo

sus propios límites o ciclos a cronometrar en tablas de fácil manejo.

Un ejemplo de este último caso lo es la "General -- Electric Co.", que desarrolló la siguiente tabla de acuerdo a sus necesidades:

TIEMPO CICLO EN MINUTOS	NUMERO DE CICLOS RECOMENDADOS
0.1	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 en adelante	3

FUENTE: Ingeniería Industrial, B.W. Nievel.

Otro ejemplo de este tipo de tablas es la desarrollada por la "Westinghouse Electric Co.", que de acuerdo al tiempo ciclo y a la actividad o frecuencia de repetición del ciclo, logró la siguiente:

TIEMPO CICLO MAYOR A: (HORAS)	<u>NUMERO MINIMO DE CICLOS A ESTUDIAR</u>		
	MAS DE 10000 POR AÑO	DE 1000 A 10000	MENOS de 1000
8.000	2	1	1
3.000	3	2	1
2.000	4	2	1
1.000	5	3	2
0.800	6	3	2
0.500	8	4	3
0.300	10	5	4
0.200	12	6	5
0.120	15	8	6
0.080	20	10	8
0.050	25	12	10
0.035	30	15	12
0.020	40	20	15
0.012	50	25	20
0.008	60	30	25
0.005	80	40	30
0.003	100	50	40
0.002	120	60	50
Menos de 0.002	140	80	60

FUENTE: Ingeniería Industrial, B.W. Nieve1.

NOTA: Cabe hacer mención de que el cálculo y diseño de estas tablas es bajo condiciones muy específicas y de acuerdo a las necesidades que se requerían.

Enseguida de la medición repetida, un cierto número de veces, se continúa procesando los datos obtenidos en el cronometraje; primeramente se obtiene un promedio de las diferentes lecturas con lo cual se obtiene el tiempo promedio, después se le aplica la valoración del ritmo de trabajo, para convertir el tiempo promedio en tiempo normal, a este último se le aplican las concesiones o suplementos y se obtiene finalmente el tiempo estándar.

b) DATOS ESTANDARES

Esta es otra técnica para obtener los tiempos estándar de un cierto ciclo de operación, estos datos estándares, son unos tiempos estándares elementales que se clasifican y archivan de modo que puedan ser localizados fácilmente cuando sea necesario.

Su uso debe ser tan sencillo como en el caso en el que una ama de casa consulta una receta de cocina para determinar, en qué tiempo debe preparar la mantequilla y el azúcar, durante cuántos minutos debe batir la mezcla y luego en qué tiempo deberá hornear el pastel. De la misma manera el analista podrá consultar sus datos estándar para determinar en qué tiempo un operario normal debe tomar una pieza, colocarla en su plantilla, cerrar ésta, asegurar la pieza con un sujetador de acción rápida, avanzar el usillo del taladro y realizar el resto de los elementos necesarios para manufacturar una pieza.

La aplicación de los datos estándar es prácticamente una extensión de la misma clase de proceso que se empleó para llegar a los tiempos asignados, mediante estudios a base de cronómetro. Para que la utilización de los datos estándar sea práctica es indispensable tabular por elementos mediante gráficas, monogramas y/o tablas, con las cuales se

pueda efectuar la medida de un trabajo específico sin la necesidad de un cronómetro.

Este tipo de datos estándar son más prácticos para calcular el tiempo estándar de productos nuevos por ser más rápidos que un estudio de tiempos cronometrados.

Estos datos expresan la relación que existe entre ciertas características pertenecientes a una tarea y el tiempo normal que se requiere para hacerla.

Como se mencionó anteriormente, los datos estándar más comúnmente usados son del tipo elemental. En este caso el tiempo normal de varios elementos, E_1, E_2, \dots, E_n , de la operación, se expresan individualmente como funciones de ciertas variables significativas, V_1, V_2, \dots, V_n , por lo que el tiempo normal (T_N) del ciclo, es la suma de los tiempos normales elementales, por lo tanto:

$$T_N = T_{N_{E_1}} + T_{N_{E_2}} + \dots + T_{N_{E_n}}$$

Donde:

$$T_{N_{E_1}} = f(V_1), (V_2) \dots f(V_n)$$

$$T_{N_{E_2}} = f(V_1), (V_2) \dots f(V_n)$$

$$T_{N_{E_N}} = f(V_1), (V_2) \dots f(V_n)$$

En donde $V_1, V_2 \dots V_n$ son variables del trabajo - que afectan al tiempo normal, por ejemplo, el tamaño, dureza, forma, peso, etc., y los elementos $E_1, E_2, \dots E_n$, equivalen a alcanzar, mover, colocar, etc. Estos datos están - dar se denominan microscópicos y si los elementos $E_1, E_2, \dots E_n$, equivalen a grupos de movimientos tales como "Tomar y colocarla en la guía", "Iniciar alimentación", "Procesar la pieza" y "Quitar la pieza de la guía y deshacerse de -- ella", se llaman datos estándar macroscópicos, o simplemente como datos estándar.

c) FORMULAS DE TIEMPOS ESTANDAR

Esta es otra técnica para obtener tiempos estándar con un nivel de confiabilidad bueno. Para elaborar las fórmulas se diseña una expresión algebraica o bien un sistema de curvas que permita establecer un estándar de tiempo, esto representa una simplificación de los datos estándar y - tiene aplicación en los trabajos no repetitivos y donde es impráctico establecer tiempos estándar sobre la base de estudios de tiempos individuales para cada trabajo. Además, - son aplicables prácticamente en todos los tipos de trabajo - y han sido empleadas con éxito en operaciones de mantenimiento, de oficina, fundición, pintura, maquinado, soldadura, etc.

Es importante aclarar que la fórmula debe aplicarse solamente a aquellos trabajos que caen dentro de los límites de los datos utilizados para la obtención de la fórmula.

Algunas de las ventajas de esta técnica son:

- Se establecen estándares de tiempo más consistentes.
- Se elimina la duplicación de esfuerzos en estudios de tiempos para operaciones similares.
- Se pueden establecer los estándares con mucha mayor rapidez.
- Se puede emplear una persona con menos experiencia y adiestramiento para establecer los estándares de tiempo.
- Es posible efectuar estimaciones rápidas y exactas de costos de mano de obra antes de que empiece la producción.

Una de las desventajas de esta técnica es en el momento de la aplicación de las fórmulas ya que en algunas ocasiones, con el objeto de establecer un estándar de tiempo lo antes posible, la industria aplicará las fórmulas en-

casos en que los valores de las variables estén fuera del alcance de los datos utilizados para establecerlas. De esa manera la fórmula se aplicará fuera de su alcance y el resultado estará lejos de ser válido.

Otra desventaja es en el momento de desarrollar la fórmula, pues existe una tendencia natural a tratar como constantes más elementos de los que realmente son.

d) MUESTREO DE TRABAJO

Otra técnica que nos sirve para obtener tiempos estándar, es la del muestro de trabajo, y es una de las técnicas más efectivas y más frecuentemente usadas dentro de todas las técnicas de la Ingeniería Industrial. El muestreo de trabajo es una técnica que se utiliza para investigar las proporciones del tiempo total dedicadas a las diversas actividades que componen una tarea o trabajo. Los resultados del muestreo sirven para determinar las tolerancias o márgenes aplicables al trabajo, para evaluar la utilización de las máquinas y para establecer estándares de producción.

El procedimiento del muestreo del trabajo está basado en el hecho de que un número reducido de observaciones al azar, tienden a seguir el mismo patrón de distribución que realmente ocurre en la situación que está siendo estu-

diada. En un estudio de muestreo del trabajo las observaciones se toman a intervalos al azar. La relación del número de observaciones de un cierto estado de actividad al número total de observaciones efectuadas, dará aproximadamente el porcentaje de tiempo, durante el cual un proceso está en estado de actividad.

La exactitud de los datos determinados por muestreo de trabajo dependen del número de observaciones, y a menos que el tamaño de la muestra sea de magnitud suficiente, ocurrirán resultados incorrectos. De acuerdo a lo anterior, surge la pregunta: ¿cuántas observaciones son las suficientes?, para poder contestar esta pregunta es necesario recurrir a fórmulas estadísticas, llegando a obtener la siguiente:

$$N = \frac{K^2 - (1 - P)}{E^2 - P}$$

Donde:

N = número de observaciones

P = la probabilidad de ocurrencia de un evento de terminado

E = error relativo que puede tolerarse en los resultados

K = es un coeficiente que nos dá un grado de confianza en los cálculos.

A continuación se presentan los valores de "K" para los diferentes grados de confianza:

K	Grado de confianza
1.0	68.26%
1.5	86.64%
2.0	95.44%
2.5	98.66%
3.0	99.74%
3.5	99.76%

Con estos valores de "K" y aplicando la fórmula anterior se puede obtener un número de muestras con la suficiente confianza de que son los requeridos.

El método de muestreo de trabajo tiene varias ventajas sobre el procedimiento usual para el estudio de tiempos cronometrados y son:

- Es más económico que la técnica de observación continua.
- Puede ser aplicado por observadores con poca habilidad o entrenamiento especial.
- Se puede ajustar el número de observaciones, para -

lograr el nivel de exactitud deseado.

- Es un medio efectivo para obtener y recabar hechos - que normalmente no son posibles obtener por otros - medios.
- Produce menos ansiedad y agitación en la persona - que está siendo observada.
- Las operaciones de grupos de operarios pueden ser - estudiadas fácilmente por un solo analista.
- La interferencia con la rutina normal del operario - es mínima.

Algunas desventajas de esta técnica pueden ser:

- No es económico cuando se aplica a un solo operario.
- No se desglosan las actividades en forma tan precisa como en un estudio de tiempos cronometrados.
- Es difícil lograr la comprensión por algunas perso - nas que son afectadas.
- El propósito no se alcanza cuando el número de ob -

servaciones no se cumple.

Las aplicaciones de esta técnica son muy variadas y pueden ser en: trabajos de maquinaria, mantenimiento, oficina, intendencia, personal indirecto, directo, servicios - médicos, etc.

e) TIEMPOS DE MOVIMIENTOS BASICOS SINTETICOS
(Estudios de tiempos predeterminados)

Esta es otra técnica que nos sirve para calcular - los tiempos estándar, y quizás una de las más estudiadas y desarrolladas a través de la historia de la Ingeniería In - dustrial. Los estudios de tiempos predeterminados son una - técnica de medición del trabajo en donde se utilizan los - tiempos determinados para los movimientos humanos básicos a fin de establecer el tiempo requerido por una tarea efectuada según una norma dada de ejecución.

Los valores de estos tiempos son una colección de - estándares de tiempos válidos asignados a movimientos y - grupos de movimientos fundamentales, que no se pueden eval - luar con precisión mediante estudios de tiempos cronometra - dos ordinarios. Son el resultado de estudiar una muestra - grande de operaciones diversificadas, utilizando dispositi - vos especiales de medición de tiempos, como la cámara cine -

matográfica que es capaz de medir elementos de muy corta du
ración.

A estos tiempos se les denomina "básicos" debido a-
que un mayor refinamiento o desglose, no sólo es difícil --
sino impráctico. Y se les denomina valores "sintéticos" --
en el sentido de que con frecuencia resultan de las combinau
ciones lógicas de Therbligs.

De lo anterior se obtiene la denominación de "Tiem-
pos de Movimientos Básicos Sintéticos".

Los tiempos predeterminados se basan en el supuesto
de que todas las tareas manuales se pueden reducir a movii-
mientos básicos del cuerpo y sus extremidades. Algunos de-
los Sistemas o Técnicas de tiempos predeterminados son:

- Work Factor System (Sistema de factores de trabajo)
- Method-Tyme-Measureu (Medida del tiempo de los métodos, -
ment M.T.M.)
- Basic Motion Times (Estudio de tiempos de movimientos -
study básicos)

Cada uno de estos sistemas tiene sus variantes o mou
dificaciones, las cuales los hacen más sencillos de aplicar
o bien, más exactos en sus resultados. A continuación se -
describirá cada uno de los sistemas anteriores.

WORK FACTOR SYSTEM (Sistema de factores de trabajo)

Este sistema fue uno de los primeros sistemas de tiempos predeterminados que encontró uso muy general. Su primera aplicación real en la industria fue en 1938, pero se publicó por primera vez en 1945.

Este sistema es útil para predeterminar tiempos estándar en operaciones manuales. Para utilizar este sistema, primeramente se hace un análisis detallado de la operación, identificando las cuatro variables principales y empleando los factores de trabajo como unidad de medida.

Como se mencionó anteriormente, existen en este sistema cuatro variables principales que afectan al tiempo necesario para la ejecución de tareas manuales, y son:

- 1) Miembro del cuerpo empleado
- 2) Distancia del movimiento
- 3) Control manual necesario
- 4) Peso o resistencia a vencer.

Estas variables están tabuladas con sus respectivas características en unidades de factores de trabajo. Las tablas y el procedimiento a seguir para la predeterminación de tiempos estándar no se mencionará pues existe una obra

titulada: Work Factor Time Standards, de J.H. Quick, J. Duncan y J.A. Malcolm, editada por McGraw Hill Book, Co. De este sistema de tiempos predeterminados, se han desarrollado otros dos que son, el "Sistema Abreviado" y el "Sistema-Simplificado o Rápido".

El sistema abreviado, se desarrolla con la idea de tener un sistema muy sencillo de tiempos predeterminados, además de que se puede aplicar en estimaciones y tiempos ciclos largos de operación. La precisión media de este sistema es un 12% más o menos, con respecto al sistema detallado.

El sistema simplificado o rápido se basa en valores intermedios entre el sistema detallado y el sistema abreviado, y es ampliamente usado para medir operaciones "promedio" esto es, aquellas que caen dentro de ciclos de operación cortos y largos. Cuando este sistema puede esperarse una variación en los valores de un 0 a un 5% en exceso con respecto a los valores del sistema detallado.

METHODS-TIME MEASUREMENT (Medida del tiempo de los Métodos)

Este sistema fue desarrollado a partir de la utilización de la cámara cinematográfica en el estudio de los movimientos de las operaciones industriales. Los primeros tiempos fueron publicados en 1948. Este sistema analiza las -

operaciones, con respecto a los movimientos básicos, asignando a cada movimiento un tiempo tipo predeterminado, el cual está en función de la naturaleza del movimiento y de las -- condiciones en las cuales se realiza.

La unidad de tiempo empleada para medir cada movimiento, es la cinemilésima de hora (0.00001 hora), y se denomina como T M U (Time Measurement Unit).

Los elementos básicos de movimientos de este sistema son:

Dirigirse hacia

Este elemento varía de acuerdo a la distancia, el sentido y tipo de "dirigirse hacia", existen 5 tipos diferentes.

Mover

Es en el momento en que el objeto se transporta a su destino y existen tres clases de mover. Este elemento está afectado por longitud, tipo de mover, condición y por el factor de peso.

Girar

Es un movimiento de rotación de la mano, muñeca o antebrazo alrededor del eje de éste y el tiempo varía de --

acuerdo a los grados del giro y el peso.

Coger

Este elemento se emplea cuando se quiere asegurar - uno o más objetos con los dedos de la mano, por supuesto -- también existen varias clases de coger.

Poner en posición

Este elemento se usa cuando se quiere, alinear, - orientar o encajar un objeto con otro, siempre que los movi_imientos no puedan clasificarse en otro elemento, el tiempo- del elemento varía de acuerdo a, la clase de ajuste, sime_e- tría y facilidad de manejo.

Dejar carga

Este elemento se utiliza cuando los dedos de la ma- no abandonan el control de un objeto.

Desmontar

Este elemento es empleado cuando se rompe el contac_o to entre dos objetos. En el tiempo para desmontar influyen la clase de ajuste, la facilidad de manejo y el cuidado del manejo.

Tiempos visuales

Este tiempo se considera sólo cuando los ojos se di_i

rigen al movimiento de las manos o el cuerpo. Hay dos tipos de tiempos visuales, el de enfoque y el de desplazamiento de la mirada.

Movimientos del cuerpo, pierna y pie

Cada movimiento de éstos tiene bien definido su tiempo.

De este sistema de tiempos predeterminados han sido desarrollados otros que en realidad son simplificaciones o especializaciones como lo pueden ser el MTM-1, MTM-2 y el MTM-V, este último, fue desarrollado para aplicarlo, en operaciones con máquinas-herramienta pero no cubre los tiempos del proceso de maquinado, los cuales tienen que ser calculados por otras técnicas. Y tiene una velocidad de aplicación de 20 veces más rápido que el MTM-1.

BASIC MOTION TIMESTUDY (Estudio de tiempos de movimientos básicos)

Este sistema de tiempos predeterminados fue desarrollado por Ralph Presgrave, G.B. Bailey y otros directivos de una empresa canadiense y fue aplicado por primera vez en 1950.

Estas personas definieron como movimiento básico --

al ejecutado por un miembro del cuerpo en forma sencilla y completa, abarcando desde el momento en que un miembro del cuerpo se mueve, partiendo del reposo, hasta que llega nuevamente al reposo.

Los factores que toma en cuenta este sistema son:

- Distancia recorrida
- Atención visual necesaria para completar el movimiento
- Grado de precisión necesario al coger o poner en posición
- Fuerza requerida para el manejo de pesos
- Ejecución simultánea de dos movimientos.

Y los movimientos los divide en tres clases, "A", "B" y "C".

Movimiento Clase "A"

Es un movimiento detenido por impacto contra un objeto sólido, como por ejemplo, la caída de un martillo, o el golpe al cerrar un cajón, permaneciendo la mano sobre éste hasta el momento de tropezar con el tope.

Movimiento Clase "B"

Es un movimiento que cesa antes del fin la trayecto

ria, sin llegar a tener contacto con otro objeto, por ejemplo, la carrera ascendente de un martillo o el acto de dejar caer objetos a un lado.

Movimiento Clase "C"

En este caso se utiliza el esfuerzo muscular para desacelerar el movimiento antes de coger o poner en posición el objeto, por ejemplo, alcanzar el teléfono o cuaderno sobre una mesa de despacho, o llevar y colocar una carpeta sobre la mesa.

Dirección visual

Se utiliza cuando, para completar los movimientos, se necesita del movimiento de los ojos, y se dice que el movimiento está dirigido visualmente.

La unidad de tiempo en este sistema es la diezmilésima de minuto (0.0001 min). Este sistema también tiene elementos básicos y son:

Dirigirse hacia

Equivale al transporte, a una cierta distancia expresada en milímetros, ya sea con carga o en vacío.

Girar

El giro es una fase especializada de los movimientos

tos mover y dirigirse hacia, se mide en grados, por ejemplo: girar el brazo al utilizar un destornillador.

Precisión requerida para poner y coger

El término precisión se aplica al control muscular-extraordinario requerido al final de un movimiento de coger o poner un pequeño objeto en una situación exacta.

Movimientos simultáneos

El tiempo de mover y dirigirse hacia, puede modificarse cuando los movimientos son simultáneos y que ambos necesiten atención visual.

Factor fuerza

Cuando se maneje un objeto pesado o se necesite vencer una resistencia de fricción se requiere un esfuerzo muscular adicional, al cual se llama fuerza. Este factor interviene en tres fases, al aplicar presión para sujetar un objeto, vencer la inercia y poner en movimiento el objeto, y frenar e inmovilizar el objeto. Estas fases se presentan aisladas o combinadas.

Movimientos del cuerpo

Se refiere a movimientos del cuerpo que no sean de-
dos, manos y brazos. Estos movimientos son: de piernas, -
de pie, dar un paso, girar el cuerpo, inclinarse, agacharse

arrodillarse, etc.

Como podemos observar, estos sistemas y sus variantes, se basan en el supuesto de que todas las tareas manuales se pueden reducir a movimientos básicos del cuerpo y sus extremidades. Los tiempos tipo fueron establecidos a partir de un grandísimo número de estudios de cada movimiento.

Todos estos sistemas exigen períodos grandes de capacitación previa. La aplicación de estos sistemas requiere mucho trabajo, a menudo más que el estudio de tiempos corriente. Para aplicar uno de ellos, en una tarea manual que sólo lleva un minuto, quizás se necesiten hasta 100 minutos de análisis y cálculos.

Algunos de los inconvenientes de estos sistemas son:

- La aplicación de estos sistemas se limita generalmente a operaciones que se repiten innumerables veces y por lo común es antieconómica para operaciones no repetitivas o para lotes pequeños.
- Existen dudas sobre la acumulación de los tiempos de pequeños movimientos, ya que un tiempo de un determinado movimiento, puede influir en los movi

mientos que se hagan antes o después.

- Estos sistemas se aplican a trabajos restringidos, no es posible aplicarlos uniformemente en toda la empresa.

IV-B. METODO PROPUESTO PARA LA DETERMINACION DE TIEMPOS - ESTANDAR

En esta compañía la forma de calcular los tiempos estándar a través de su historia, ha sido de acuerdo a la experiencia y por supuesto en forma estimada. Esta forma de calcular los tiempos estándar nació de la improvisación y la necesidad de tenerlos en un plazo corto de tiempo, como era un producto nuevo, en cuanto a su manufactura en México, no existían competidores, por lo que no era tan importante controlar la productividad de la mano de obra, y en consecuencia los tiempos estándar no requerían ser tan precisos y bastó con tener simples estimaciones de tiempo, basándose en los planos de manufactura exclusivamente. Esa forma de calcular (estimar), los tiempos estándar, se ha continuado hasta la fecha; pero actualmente, ya existen otras compañías competidoras, además el cliente ya no es exclusivamente nacional, por lo que en el momento de entrar en el mercado internacional, el nivel de competencia se incrementa en un grado altísimo, pues las compañías extranjeras, cuentan con su propia tecnología, tienen mucho más tiempo de ser fabricantes que nosotros y sus niveles de productividad son muy altos en comparación nuestra. En consecuencia sus precios de venta son más bajos que los nuestros.

Por las razones anteriores se ve la imperiosa nece-

sidad de tener una mejor productividad y por consiguiente - para obtenerla, se requieren bases mejor fundamentadas como lo son: los tiempos estándar más apegados a la realidad. - Por esta razón se buscó una nueva técnica para determinar - los tiempos estándar y enseguida se presenta una forma de - hacerlo, justificando posteriormente su selección, a esta-- forma le llamaremos "Tiempos Estándar Históricos Ajustados".

METODO PROPUESTO

Este método para calcular los tiempos estándar es - el de tiempos históricos de manufactura. Como se mencionó- anteriormente, este método no es muy confiable, pues al re- portar el tiempo de manufactura, se incluyen en éste muchos tiempos improductivos, pero como se demostrará más adelante, es más conveniente la utilización de este método que cual- - quier otro, además para minimizar el error de los tiempos - improductivos dentro de los tiempos históricos, estos últi- mos se afectarán por medio de un porcentaje de eficiencia.

El factor de eficiencia puede ser determinado como - una meta u objetivo de la empresa, o de otra manera, lo po- demos estimar, pero como se quiere obtener tiempos estándar un poco más precisos, se obtendrá este factor por medio de - un muestreo de trabajo.

Por otro lado existe un sistema de reporte de tiempos reales, en los cuales se separan los tiempos productivos de los improductivos, pero aún así dentro del reporte de los tiempos productivos se incluyen retrasos pequeños en tiempo tales como: falta de herramienta esperando materia-prima, ritmo de trabajo abajo de lo normal, etc.

De acuerdo con lo anterior, es sólo una pequeña -- proporción de tiempos improductivos los que se están incluyendo como productivos y en el momento de desarrollar el -- muestreo de trabajo se van a detectar todos los tiempos improductivos por lo que se hace necesario eliminar de este -- porcentaje (M%), el porcentaje de tiempos improductivos reportados (R%), así que el factor de eficiencia (E%), que se aplicará a los tiempos históricos, deberá ser calculado como:

$$E_i = 100\% - M_i\% + R_i\%$$

Con este factor estamos seguros de aplicar al tiempo histórico exclusivamente, el porcentaje de tiempos improductivos que se cargan indebidamente.

Después de desarrollar el muestro de trabajo se -- identificaron los siguientes porcentajes:

$$A_1 = 43.2\% \text{ M (tiempo improductivo)}$$

$$A_2 = 42.5\% \text{ M (tiempo improductivo)}$$

$$A_6 = 36.4\% \text{ M (tiempo improductivo)}$$

Por otro lado, sabemos que cada área reporta el:

$$A_1 = 13.3\% \text{ R (tiempo improductivo)}$$

$$A_2 = 14.6\% \text{ R (tiempo improductivo)}$$

$$A_6 = 23.2\% \text{ R (tiempo improductivo)}$$

Así que el factor de eficiencia que se aplicará a los tiempos históricos de cada área será:

$$E_1 = 100\% - 43.2\% \text{ M} + 13.3\% \text{ R} = 70.1\%$$

$$E_2 = 100\% - 42.5\% \text{ M} + 14.6\% \text{ R} = 72.1\%$$

$$E_6 = 100\% - 36.4\% \text{ M} + 23.2\% \text{ R} = 86.8\%$$

Por lo tanto, para llegar a un tiempo estándar se aplicaría la siguiente fórmula:

$$\text{Tpo. Std.} = (\text{Tpo. Histórico}) (E_i \%)$$

De esta manera los tiempos históricos quedan ajustados a tiempos estándar.

IV-C. JUSTIFICACION DEL METODO PROPUESTO

Para justificar la selección del método de obtención de tiempos estándar, analizaremos cada método anteriormente descrito en función de la facilidad y rapidez de cálculo de dichos tiempos estándar, además de tomar en cuenta, que la exactitud del estándar no es muy estricta y necesaria dentro de la compañía.

ESTUDIO DE TIEMPOS CRONOMETRADOS

Como ya se mencionó anteriormente, esta técnica es una de las más difundidas en la industria, y es bastante precisa en cuanto a la determinación de un estándar, sólo que uno de sus inconvenientes es que: no se recomienda para procesos intermitentes o aleatorios, pues su costo de obtención no es rentable, además si en Conjunto Manufacturero se aplicara esta técnica para calcular los tiempos estándar de todo un equipo, nos representaría una inversión de tiempo y recursos como los que a continuación se determinan.

Primeramente haremos las siguientes consideraciones y suposiciones:

- Se cronometrarán 3 ciclos por operación.

- Se supone que una hora real se cronometra en 1.2 - horas de estudio y análisis.
- Las horas reales de manufactura de todo un equipo - son alrededor de 41 000 horas-hombre.
- Se cronometrar  en tres turnos, con un analista - por turno (las 24.00 horas).
- Un mes tiene 25 días hábiles en promedio.

Ahora calcularemos los recursos y el tiempo necesa
rio:

$$\begin{aligned}
 \text{Horas de estudio} &= 41\,000 \text{ hrs. reales} \times 1.2 \text{ hrs estudio} \\
 &= 49\,200 \\
 &= 49\,200 \text{ hrs. de estudio}
 \end{aligned}$$

Haciendo tres observaciones:

$$\begin{aligned}
 \text{Las horas de estudio son} &= 3 \text{ ciclos} \times 49\,200 \text{ hrs} \\
 &= 147\,600 \text{ hrs. de estudios} \\
 \text{No. de días} &= 147\,600 \text{ hrs. de estudio} \div 24 \text{ hrs} \\
 &\quad /\text{día} = 6150 \text{ días} \\
 &= 6150 \text{ días de estudio}
 \end{aligned}$$

No. de meses = 6150 días de estudio ÷ 25 días/mes = 246 m.
 = 246 meses de estudios

No. de años = 20.5 años con 1 analista por turno.

Con cuatro analistas porturno se reduce a:

No. de días = 147 600 ÷ (24 hrs x 4 analistas) = 1537.5 -
 días est.

No. de meses = 1538.5 ÷ 25 días/mes = 61.5 meses est.

No. de años = 61.5 meses ÷ 12 = 5 años y 2 meses de est.

Como podemos observar, 5 años de estudio son demasiados, pues un producto de este tipo se convierte en obsoleto al cabo de unos cuatro años, debido a que el mercado nacional se satura, y en consecuencia se manufacturan nuevos productos constantemente de diferentes capacidades, esto trae consigo la necesidad de obtener los tiempos estándar en un plazo de unos cuantos meses 3 ó 4 y por medio de esta técnica es imposible. Por lo cual queda descartado su uso.

DATOS ESTANDARES Y FORMULAS DE TIEMPOS

Estas técnicas de datos estándares y fórmulas de tiempos son buenas pero para aplicarlas es indispensable desarrollar las tablas y/o fórmulas de acuerdo a las necesida-

des de la empresa.

En nuestro caso, como son una gran variedad de operaciones diferentes y otro factor que interviene es el tamaño y peso de las piezas, el desarrollo de dichas tablas nos representa una fuerte inversión de trabajo y tiempo, por lo que es imposible determinarlas en sólo cuatro meses. Estas técnicas quedan descartadas para aplicarlas en un corto plazo y se desarrollarán para aplicarlas a productos nuevos y en un momento dado para corregir los tiempos estándar.

MUESTREO DE TRABAJO

Esta técnica la destacamos desde el inicio, debido a que sólo sirve para determinar tiempos estándar cuando la producción es constante, ya sea en lotes o continua pero para una sola línea de productos y en nuestro caso la producción es sobre pedido exclusivamente y en forma unitaria.

TIEMPOS DE MOVIMIENTOS BASICOS SINTETICOS

Las diferentes técnicas para predeterminar tiempos estándar, tienen una característica muy particular que consiste en desglosar las operaciones en movimientos básicos - del cuerpo, por lo que al calcular los tiempos estándar, el proceso que se sigue es demasiado largo y lleva mucho tiem-

po, además como se mencionó anteriormente, este tipo de técnicas son convenientes y rentables usarlas, sólo cuando la producción es de un volumen muy alto y en consecuencia estas técnicas quedan descartadas, pues se podrían llevar un tiempo mayor a la técnica de tiempos cronometrados.

METODOS DE OBTENCION DE TIEMPOS ESTANDAR

Prácticamente queda analizado el método del estudio del trabajo y en consecuencia sólo queda el método de tiempos estándar estimados y el método de tiempos estándar-históricos. El primero de éstos es el que se está utilizando actualmente, el cual no nos proporciona buenos resultados y por exclusión sólo nos queda el método de tiempos históricos por medio del cual podemos llegar a tiempos estándar aproximados, pues en nuestro caso no se requiere mucha precisión pues por ser un producto de tan alto contenido de mano de obra, que es prácticamente imposible controlarlo con exactitud, así que este último método es el que se debe aplicar para corregir todos los tiempos estándar, que hasta la fecha han sido estimados.

IV-D. CALCULO DE ESTANDARES PARA PRODUCTOS NUEVOS

En el caso de esta compañía la manufactura de productos nuevos es una práctica muy común, pues como ya se mencionó anteriormente la producción, es en un 95% para un solo cliente, el cual nos compra de acuerdo a sus necesidades, las cuales cambian constantemente; además de que Conjunto Manufacturero es una compañía relativamente nueva y no ha manufacturado toda la gama de productos que tiene la firma que nos vende su tecnología; y por esta razón se hace indispensable tener una metodología para el cálculo de estándares de productos nuevos, pues no se cuenta con registros históricos y no es posible calcular los tiempos estándar con el método de registros históricos.

Para productos nuevos se está desarrollando un sistema de datos estándar, combinado con fórmulas de tiempos para la determinación de tiempos estándar. Este sistema se divide en tres partes para comodidad de cálculo y de acuerdo al tipo de área trabajo, por el tipo de operaciones que se realizan.

En el área de ensamble se determinarán los estándares en base a tablas de datos estándar o bien en base a estimaciones comparadas, para el área de mecano-soldadura se aplicará la técnica de fórmulas de tiempos y para el área -

de maquinados se aplicará una combinación de las técnicas de datos estándar y la de fórmulas de tiempos estándar.

La decisión de determinar los tiempos estándar de acuerdo a lo anterior, viene de observar que del tiempo total de manufactura de un equipo se distribuye así: el área de mecano-soldadura representa el 65.7% del total, el área de maquinados invierte el 22.6% del total de la mano de obra y para el área de ensamble sólo representa el 11.7% del total de la mano de obra invertida.

De aquí deducimos que los estándares más precisos deben ser los de mecano-soldadura y los de maquinados, pues si éstos están correctos, al menos el 88% de los estándares van a ser correctos. Por otro lado, para aplicar alguna otra técnica para la determinación de tiempos estándar en el área de ensamble se tendría que recurrir a algún sistema como el Work-Factor o el M.T.M., los cuales, como ya se mencionó, no son costeables en cuanto a su aplicación en esta compañía. A continuación explicaremos el sistema para calcular estándares en el área de mecano-soldadura.

SISTEMA DE ESTANDARES PARA MECANO SOLDADURA

En esta área las operaciones que más se realizan son:

Cortar con soplete y soldar. Para obtener el tiempo de corte se buscó un parámetro que fuera constante o casi constante, e identificando las variables que lo afectan.

La constante que se identificó fue la velocidad de corte, la cual va a estar en función del espesor de la placa a cortar y los parámetros que la van a afectar son:

Tiempo para trazar y pintar, manejo del material, el tiempo para perforar por primera vez la placa, y los saltos que va a tener el soplete y que dejará de cortar debido a las diferentes características del material en una misma placa.

La fórmula para obtener el tiempo de corte sería:

$$\text{Tpo. Corte} = \left(\frac{\text{long.}}{\text{vel.}} \right) (\% \text{ trazo y pint.}) (\% \text{ saltos}) + (\text{no. perf. xcte})$$

$$[\% \text{ Consc. Pers.}]$$

Esta sería la fórmula para calcular el tiempo de soldadura, la forma de obtenerla es primeramente identificando todas las variables posibles, algunas de ellas son:

- Tipo de proceso de soldado
- Posiciones al soldar
- Tamaño y tipo del cordón de soldadura

- Arreglo del lugar de trabajo
- El manejo del material
- El amperaje

Estas variables hacen muy difícil el cálculo de un dato estándar, pues es casi imposible controlarlas, por otro lado, el único elemento que puede ser fácilmente controlable, lo es el tiempo de arco, el cual sólo varía en función del voltaje y la corriente.

Así que este método se basa en la relación que tienen todos los elementos de las operaciones de soldadura con el "Tiempo de Arco" dichos elementos son:

- Elementos de manejo

Este concepto se divide en dos tipos:

Tipo de operación: este se puede subdividir en: puntos de soldadura y cordones finales.

Tipo de facilidades: estas facilidades se subdividen en: - aditamentos semiautomáticos tales como posicinadores neumáticos o eléctricos, sujetadores neumáticos, etc., y en aditamentos manuales.

Otra operación que se considera dentro del manejo- viene siendo el cambio del electrodo.

- Elementos de limpieza

Como su nombre lo indica, aquí se incluyen las operaciones de limpieza, como limpiar antes de soldar, limpiar o raspar escoria, esmerilar la escoria, etc.

- Elementos misceláneos

Aquí entran elementos como precalentar, raspar la punta del electrodo, trazar, etc. Ahora si ponemos estos - elementos en función del tiempo arco, quedaría así:

Primeramente sabemos que el tiempo estándar de soldadura se compone de:

$$\text{TPO.STD.SOLD.} = (\text{TIEMPO DE ARCO} + \text{TIEMPO DE MANEJO} + \text{TIEMPO DE LIMPIEZA} + \text{TIEMPOS MISCELANEOS}) (\text{CONCESIONES}) \quad (a)$$

Y si definimos como:

TIEMPO DE MANEJO = (X) (TIEMPO DE ARCO)

TIEMPO DE LIMPIEZA = (Y) (TIEMPO DE ARCO)

TPO. DE MISCELANEOS = (Z) (TIEMPOS MISECELANEOS)

TIEMPO DE ARCO = T.A.

El tiempo estándar de soldadura queda como:

$$\text{TPO. STD. SOLD.} = [\text{TPO. ARCO} + (X)(\text{T.A.}) + (Y)(\text{T.A.}) + (Z)(\text{T.A.})] (\text{CONCESIONES})$$

(b)

Simplificando:

$$\text{Tpo. Std. Sold.} = \text{T.A.} (1 + X + Y + Z) (\text{CONCESIONES})$$

y si definimos a "X, Y, Z" como el factor "P":

$$P = X + Y + Z$$

resulta:

$$\text{TPO. STD. SOLD.} = \text{T.A.} (1 + P) (\text{CONCESIONES}) \quad (c)$$

Cabe hacer notar que dentro de las concesiones se encuentran tres factores que afectan al tiempo estándar; es tos factores son:

$$\text{CONCESIONES} = (\text{F.A.}) (\text{F.P.}) (\text{T})$$

1) FACTOR DE AJUSTE (F.A.)

Este factor depende del número de componentes a ar mar, del grosor de las partes, de la forma de las partes, de la precisión que se requiera, etc., y -

El tiempo estándar de soldadura queda como:

$$\text{TPO. STD. SOLD.} = [\text{TPO. ARCO} + (X) (\text{T.A.}) + (Y) (\text{T.A.}) + (Z) (\text{T.A.})] (\text{CONCESIONES})$$

(b)

Simplificando:

$$\text{Tpo. Std. Sold.} = \text{T.A.} (1 + X + Y + Z) (\text{CONCESIONES})$$

y si definimos a "X, Y, Z" como el factor "P":

$$P = X + Y + Z$$

resulta:

$$\text{TPO. STD. SOLD.} = \text{T.A.} (1 + P) (\text{CONCESIONES}) \quad (c)$$

Cabe hacer notar que dentro de las concesiones se encuentran tres factores que afectan al tiempo estándar; es tos factores son:

$$\text{CONCESIONES} = (\text{F.A.}) (\text{F.P.}) (\text{T})$$

1) FACTOR DE AJUSTE (F.A.)

Este factor depende del número de componentes a ar mar, del grosor de las partes, de la forma de las partes, de la precisión que se requiera, etc., y -

por supuesto que afecta al tiempo estándar de soldadura. Este factor es difícil calcularlo pero con la experiencia se puede lograr.

2) FACTOR DE POSICION (F.P.)

Este factor es con el fin de afectar al tiempo estándar de soldadura cuando se tiene que trabajar en diferentes posiciones, tales como en forma horizontal, vertical o sobre la cabeza y que no es en una forma cómoda y plana. Este factor es posible determinar de acuerdo a la eficiencia que tiene un mismo operario, trabajando en diferentes posiciones y viene siendo el número inverso de la eficiencia, por ejemplo, si un obrero tiene una eficiencia del 80%, soldando en forma vertical, el factor de posición es:

$1/0.80 = 1.250$ y es directamente proporcional al tiempo de soldado.

3) TOLERANCIAS PERSONALES Y DE FATIGA (T)

Estas deben ser determinadas de acuerdo a las condiciones que priven en cada compañía.

De acuerdo a esto, la ecuación (c) queda como:

$$\text{TPO.STD.SOLD.} = (\text{T.A.})(1+\text{P})(\text{F.A.})(\text{F.P.})(\text{T}) \quad (\text{d})$$

De la ecuación (d) sólo nos falta definir la forma de calcular el tiempo de arco. El cual se puede determinar de acuerdo a una buena cantidad de estudios de tiempo cronometrados, y así determinar el tiempo de arco como un dato estándar por unidad de longitud.

METODO DE CALCULO DE ESTANDARES PARA MAQUINADOS

Como se mencionó anteriormente en esta área se aplicará una combinación de las técnicas de datos estándar y de fórmulas de tiempo con el fin de predeterminar los tiempos estándar de productos nuevos.

Primeramente mencionaremos las operaciones más típicas en un proceso de maquinados:

- Preparar y herramentar máquina
- Montar y centrar pieza
- Medir dimensiones de la pieza
- Accionar la máquina (mover palancas y botones)
- Proceso de maquinado (desbastar, carear y dejar a dimensiones)
- Cambiar herramientas de corte
- Consultar plano

- Desmontar pieza
- Limpiar máquina

Casi todas las operaciones descritas pueden ser de finidas, en lo que respecta a tiempos estándar, por medio de tablas de datos estándar, sólo el "Proceso de Maquinado" es posible obtenerlo por medio de fórmulas de tiempo, las cuales son comunmente conocidas y fácilmente aplicables, a continuación daremos una breve descripción del método a seguir en el cálculo de las tablas de los datos estándar.

- Elaboración de tablas de datos estándar

Lo primero que se hizo fue subdividir el área de maquinados en centros de trabajo, en los cuales se agrupó el mismo tipo de máquina y todas ellas con una capacidad similar, ésta a su vez se divide en capacidad de máquina para piezas grandes, medianas y pequeñas, en cuanto a dimensiones y peso, para los cuales se fijaron ciertos rangos. Posteriormente se cronometraron muchas operaciones en un mismo centro de trabajo y se clasificaron los tiempos promedio por tipo de operación.

Para cronometrar se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones por operación:

- Preparar y herramentar máquina

En este tiempo se incluyó el tiempo necesario para colocar y centrar las mordazas (ajustar), colocar dispositivos especiales, instalar herramientas, etc.

- Montar y centrar pieza

Esta operación se inicia en el momento de tomar la pieza, subirla a la máquina, centrar la pieza y sujetar la pieza.

- Accionar máquina

Esta operación incluye los movimientos necesarios para mover palancas seleccionando las R.P.M., el avance, la profundidad, y apretar botones.

+ Medir dimensiones

Esta operación ocurre en el momento de tomar un instrumento de medición (flexómetro, calibrador, micrómetro, etc.), hacer la medición y dejar el instrumento, esta operación se debe considerar si la máquina se tiene que detener.

+ Cambiar herramientas de corte

Se considera desde el momento de aflojar la herramienta, hasta sujetarla de nuevo.

+ Consultar plano

+ Limpiar máquina

Ocurre cuando se elimina la rebaba de la máquina.

+ Desmontar pieza

Esto sucede cuando se afloja la pieza y termina hasta que la misma queda colocada en una plataforma.

NOTA: (+) Estas operaciones sólo se deben tomar en cuenta cuando sea necesario detener la máquina para efectuarlas.

Se anexa la tabla de datos estándar de operaciones complementarias al maquinado, calculada en Conjunto Manufacturero.

De las operaciones de maquinado sólo nos falta analizar la forma de cálculo del proceso de maquinado, éste se determinará por medio de las siguientes fórmulas:

Fórmulas para torneado:

$$T = \frac{L}{(Av)(N)} \times P$$

$$P = \frac{E}{2 (P.C.)}$$

$$N = \text{R.P.M.} = \frac{V \times 12}{\pi \times D} \quad (\text{SIST. INGLES})$$

Donde:

T = tiempo de maquinado (min)

L = longitud a torneear (pulg)

Av = avance (Pulg/Rev). Este dato se obtiene de -
tablas

V = velocidad de corte (Pulg/min). Este dato se
obtiene de tablas

P = número de pasadas para eliminar exceso de ma-
terial en base a la profundidad de corte $\frac{m}{a}$
(pulg)

E = exceso de material (pulg.)

PC = profundidad de corte (pulg)

N = revoluciones por minuto (R.P.M.)

Fórmulas para fresado:

$$T = \frac{L}{A'} \times P$$

$$A' = \frac{(n)(d)(Ad)}{1000}$$

$$N = \frac{V \times 12}{\pi \times D}$$

Donde: $P = \left(\frac{E}{p.c.}\right) \left(\frac{L'}{d}\right)$ (PARA CAREAR SUPERFICIES
PLANAS)

A' = avance/minuto (pulg.)

Ad = avance por diente (pulg.)

d = número de dientes

L' = ancho de superficie a maquinar (pulg.)

\emptyset = diámetro del cortador (pulg.)

Fórmulas para barrenado:

$$T = \frac{L \times 1000}{Av \times N}$$

$$N = \frac{V \times 12}{\pi \times D}$$

Las fórmulas anteriormente descritas serán aplicadas junto con las tablas de operaciones complementarias al proceso de maquinados, para determinar los tiempos estándar del área de maquinados, con la siguiente relación:

$$TPO. STD. = (\sum T.O.C. + T.M.) (C)$$

Donde:

T.O.C. = tiempo de operaciones complementarias al maquinado

T.M. = tiempo del proceso de maquinado

C. = concesiones o suplementos personales.

De esta manera se calcularán los tiempos estándar del área de maquinados para productos nuevos.

TABLA DE TIEMPOS PREDETERMINADOS PARA OPERACIONES
COMPLEMENTARIAS DEL MAQUINADO

Tpo. de Op. de Tra bajo	T A M	Preparar y Herra- mentar - máquina (min.)	Montar y Centrar pieza (min.)	Medir dimensiones Pza. (min.)	Accionar Máquina	Cambiar herramienta de corte	Consultar Plano	Limpiar Máquina	Desmontar pieza de máquina
6 T O P	1	12.0	11.0	0.5	0.5	1.0	4.0	5.0	-
6 T O P	2	20.0	24.0	1.0	0.5	3.0	5.0	7.0	-
6 T O P	3	40.0	50.0	1.5	0.6	5.0	7.0	8.0	-
6 T O R	1	10.0	10.0	0.5	0.3	1.0	4.0	0.5	-
6 T O R	2	18.0	23.0	0.5	0.4	3.0	5.0	1.0	-
6 T O R	3	--	--	--	--	--	--	--	-
6 T O V	1	--	--	--	--	--	--	--	-
6 T O V	2	55.0	60.0	1.0	1.5	8.0	7.5	3.0	-
6 T O V	3	120.0	120.0	1.5	1.5	12.0	10.0	4.0	-
6 M A N	1	10.0	20.0	0.1	0.3	7.5	4.0	0.5	-
6 M A N	2	23.0	71.0	1.0	0.5	15.0	6.0	2.5	-
6 M A N	3	48.0	195.0	5.5	0.6	15.0	8.0	4.0	-
6 F R U	1	5.0	10.0	0.5	0.3	3.5	5.0	1.0	-
6 F R U	2	10.0	21.0	1.0	0.4	10.0	5.0	1.5	-
6 F R U	3	20.0	35.0	4.0	0.5	15.0	6.0	4.0	-
6 T A R	1	6.5	15.0	--	0.3	2.0	4.0	0.5	-
6 T A R	2	7.5	15.0	--	0.3	2.0	4.0	1.0	-
6 T A R	3	20.0	20.0	--	0.4	3.0	5.0	3.0	-
6 R E E	1	8.0	11.5	0.5	0.5	2.0	4.0	0.5	-
6 R E E	2	23.0	19.0	0.5	2.0	7.0	4.0	2.5	-
6 R E E	3	25.0	48.5	1.0	0.5	12.5	5.0	5.0	-

METODO DE CALCULO DE ESTANDARES EN ENSAMBLE

Para determinar el método de cálculo de estándares de esta área, es necesario tomar en cuenta las características de ésta, como lo pueden ser, el manejo y ensamble de piezas de aproximadamente 6 toneladas de peso como lo es el cigueñal armado para la bomba T-1300, o bien hacer la instalación del sistema de lubricación de la misma bomba, el cual está compuesto principalmente por válvulas y tubería de cobre, o bien el ensamble de dos o más piezas con tornillos de 3 pulg. de longitud por 3/4 pulg. de diámetro y otros hasta 18 1/2 pulg. de longitud por 2 pulg. de diámetro.

Por otro lado, sabemos que aproximadamente el 65% de las piezas son montadas con grúa por su peso y que el 55% de las piezas se sujeta por medio de tornillos.

Algunas de las operaciones típicas del área de ensamble son:

- Montar y posicionar
- Alinear flechas
- Limar y esmerilar
- Hacer cuerdas a tubería
- Colocar cadenas

- Sujetar y apretar con tornillos
- Calentar piezas para dilatarlas térmicamente
- Montar rodamientos
- Instalar tubería (trazar, cortar, doblar, medir, etc.)
- Pintar
- Trazo y corte de empaques.

Después de analizar estas operaciones, se observó que todas las operaciones de ensamblado, son posibles tabularlas en tablas de datos estándar, y en este caso ya no se mencionará la forma de obtener las tablas pues prácticamente se seguirá el mismo método que se siguió para obtener las tablas del área de maquinados (cronometrando muchas operaciones individuales y no los procesos completos).

Como se había mencionado en un principio, también es posible determinar los tiempos estándar en esta área, en base a estimaciones comparadas con otros productos similares en cuanto a tamaño y características, siempre y cuando sea necesario determinar su costo estándar de inmediato o en un plazo de tiempo pequeño.

IV-E. VERIFICACION DE TIEMPOS ESTANDAR

En este punto, lo único que se trata de demostrar es que los tiempos estándar calculados para productos nuevos son verídicos. La primera verificación que se puede desarrollar, es por medio de estudios de tiempo cronometrado, pero sólo cuando se trate de procesos con un tiempo de manufactura pequeño, no mayor de 8.0 hrs (un turno de trabajo), y en el caso de que sea una pieza que se lleve más de 8.0 horas de manufactura se analizarán los tiempos históricos tomando en cuenta que se tiene que observar una curva de aprendizaje y además que se tiene un cierto porcentaje de ineficiencias incluido dentro del tiempo histórico.

Esto es con el fin de verificar que no existió -- error en el momento del cálculo de dicho tiempo estándar, o bien que no se omitió alguna operación.

IV-F. CALCULO DE CONCESIONES PERSONALES

A pesar de que el método propuesto para determinar los tiempos estándar, es en base a los tiempos históricos (reales), se hace necesario el incremento de ciertas tolerancias debido a fatiga, retrasos inevitables, interferencias, consultas, etc.

Pues en el factor que se determinó para convertir los tiempos históricos en tiempos estándar, no se incluyeron este tipo de tiempos perdidos, así que a continuación listaremos las tolerancias que se les aplicarán a cada área.

CONCEPTO	ENSAMBLE	MECANO-SOLD	MAQUINADOS
**) NECESIDADES PERSONALES	5.0	5.0	5.0
*) LIMPIAR MAQUINA	-	-	1.0
*) CONSULTAR PLANOS	0.5	1.0	1.0
*) INSPECCION DE CONT. DE CAL.	-	-	0.5
*) CONSEGUIR HERRAMIENTA	1.5	0.5	1.0
T O T A L	7.0%	6.5%	8.5%

**) Este dato se obtuvo de la oficina Internacional del Trabajo, libro "Introducción al estudio del trabajo".

*) Estos datos son los que se excluyeron en el muestreo de eficiencia mencionado anteriormente y a su vez se realizó otro muestreo de -- trabajo para determinar cada porcentaje expuesto.

CAPITULO V

TIEMPOS REALES

TIEMPOS REALES

Antes de mencionar el método para medir los tiempos reales, definiremos cómo se entiende y cómo se maneja éste-concepto dentro de la compañía.

Tiempo Real

Son las horas cargadas a una orden de trabajo, durante el lapso de tiempo que dure su manufactura en la planta, pero excluyendo todos aquellos tiempos perdidos por causas ajenas a producción, como pueden ser, falta de energía-eléctrica, descompostura del equipo, falta de herramienta, -visitas al médico o a su sección sindical, etc.

Una aclaración pertinente es, que el departamento de Ingeniería Industrial cuenta con un área que se denomina "Tomaduría de Tiempos" y esta área es la encargada de recopilar la información de los tiempos reales cargados a cada orden de trabajo.

IV-A. METODO DE OBTENCION DE TIEMPOS REALES

El objetivo de este sistema es llevar un control - efectivo y veraz del tiempo consumido en la manufactura de una orden de trabajo, para hacer posible una comparación - contra los tiempos estándar, con el fin de medir la productividad de la planta. A continuación daremos una breve descripción del método de obtención de tiempos reales.

El supervisor es el encargado de reportar la manera de como distribuye su tiempo disponible (mano de obra - disponible) en los trabajos que tiene que desarrollar a diario, usando la forma adjunta.

El departamento de tomaduría de tiempos es el encargado de recopilar a diario la información de la planta, para darle el visto bueno y así se pueda enviar la información al departamento de proceso de datos.

Para que el departamento de tomaduría de tiempos proporcione el visto bueno, es necesario revisar que la información esté bien codificada y además verificar con nóminas, que el tiempo reportado sea el mismo que el de la tarjeta del reloj checador y también deben de obtener cifras - control para comparar la información enviada al departamento de proceso de datos contra la recibida de ese mismo de -

REPORTE DE TRABAJO DIARIO

FECHA 6 a. TURNO 6 b. SUPERVISOR 6 c. AREA 6 d. SEMANA

RECIBIDO POR: _____
 FECHA: _____
 CARGO: _____
 FIRMA: _____
 I.T. 073

ORDENES TRABAJADAS EN EL DIA	ORDENES TRABAJADAS EN EL DIA					T.M.O. P.R.	ORDENES TRABAJADAS EN EL DIA					T.M.O. P.R.		
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
1	1	2	3	4	5	4	1	5	2	5	7	8	9	10
2	3	3	3	3	3		5	5	1	5				
3	2	2	2	2	2		3	5	1	5				
4	7	2	2	2	2									
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

OBSERVACIONES _____

SUPERVISOR _____

TOMADOR TPO _____

partamento.

A continuación explicaremos la forma de llenar el formato del reporte de trabajo diario, en la cual viene - identificado cada campo que se tiene que llenar, por medio de un número consecutivo del 1 al 10.

1) Nombre y clave del obrero

Debe llenar tantos renglones como obreros tenga ca da supervisor.

2) Número de orden de trabajo

En este campo se anotará el número de O.T., que se esté manufacturando y en caso de existir algún paro de producción, aquí mismo anotará la clave del motivo de paro (ver nota I al final), se pueden -- anotar 10 números de O.T.'s o claves diferentes.

3) La hora a la que inició la orden y la hora a la - que terminó dicha orden o en su defecto el motivo de paro.

4) Turno de tiempo extra

Aquí se anotará el turno en que se encuentre traba jando el obrero, si es tiempo extra.

- 5) Ordenes trabajadas en tiempo extra
Es idéntico al caso 2, sólo que se reporta el trabajo realizado en tiempo extra.

- 6) Datos generales
Aquí se anotarán los datos generales del reporte como lo son, la fecha, el turno, la clave del supervisor y el área de trabajo.

- 7) Total de horas del turno normal
Esta columna servirá para que el tomador de tiempos totalice las horas reportadas en turno normal.

- 8) Total de horas de tiempo extra
Es idéntico al punto anterior sólo que se totaliza el tiempo extra.

- 9) Clave de ausente
En esta columna se anotará si el obrero faltó, se le dió permiso, está incapacitado, tiene vacaciones, etc. (ver nota II).

- 10) Total de horas por ausencias
El tomador de tiempos totalizará las horas perdidas por ausencias.

NOTA 1

Las claves de tiempo perdido son:

1. Horas pagadas no trabajadas
Aquí se incluye el tiempo perdido por: comida, -
viajes de trabajo y retrasos del transporte a la -
compañía.

2. Mantenimiento
Aquí se carga el tiempo perdido a causa de fallas-
de equipo.

3. Manejo de materiales
Se carga el tiempo perdido por manejo de material.

4. Falta de energía eléctrica
Aquí se reporta el tiempo perdido a causa de las -
fallas de energía eléctrica imputables a la comi -
sión federal de electricidad.

5. Reproceso por manufactura
Aquí se acredita el tiempo perdido por reparacio -
nes de piezas a causa de errores de manufactura.

7. Falta de herramienta

Es cuando se pierde tiempo para ir al almacén por la herramienta.

9. Lluvia

Se usará cuando se pare la producción por causa de lluvia y sólo será válido para departamentos que trabajen a la intemperie.

12. Asuntos sindicales

Aquí carga el obrero el tiempo necesario para arreglar asuntos con su sindicato.

14. Espera de grúa

Se usará cuando la grúa no esté disponible.

15. Entrenamiento

Se usa para acreditar el entrenamiento de los obreros en manejo de equipo nuevo.

NOTA II

Las claves por ausencia son:

F = falta

IMSS= incapacidad

P = permiso

S = suspendido

A = accidente

Se hace la aclaración de que existen otros métodos para obtener los tiempos reales como: el de tarjetas, sistema de reportes similares al que se expuso y actualmente - existe tecnología muy sofisticada como lo son los colectores de datos (en diskete), o bien terminales conectadas directamente a una computadora.

V-B. COMPARACION Y VERIFICACION DE TIEMPOS REALES

El objetivo de este método es el de controlar el tiempo real reportado a cada orden de trabajo (a cada pieza) para evitar que el índice de productividad resulte erróneo.

Este método de comparación es muy sencillo pues sólo se deben seguir los seis pasos siguientes:

- Seleccionar las piezas de interés
Se refiere a que no podemos analizar todas las piezas y en consecuencia se tiene que seleccionar las de interés.
- Dar seguimiento diario
Lo importante es revisar a diario cada pieza de interés, para observar su comportamiento con respecto al estándar.
- Comparar tiempo real vs. tiempo estándar
- Analizar las tendencias observadas
Si se observa que la tendencia es superar rápidamente al estándar se debe investigar de inmediato, ¿por qué?

- Investigar las variaciones fuertes

Si esto ocurre hay que analizar el tiempo estándar en cuanto a que se hayan considerado todas las operaciones necesarias dentro de él.

- Revisar su comportamiento histórico

Después de revisado el estándar se observa que se consideraron todas las operaciones para su manufactura, debemos de analizar su comportamiento histórico, para poder determinar si no existió algún problema en esa pieza precisamente y que fuese el causante de la variación. Si no se detecta anomalía alguna se debe corregir el tiempo estándar.

C A P I T U L O V I

PROCESAMIENTO DE LA
INFORMACION

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

El objetivo de este procedimiento es presentar a - grandes rasgos la forma de como pueden ser procesados los - datos del tiempo real obtenido en la planta, por supuesto - que no es la única manera de hacerlo.

La información que se obtenga servirá de base para la elaboración del reporte de productividad de la mano de obra y nos ayudará a controlar e incrementar dicho índice.- También servirá para conocer nuestros costos de manufactura y en un momento dado servirá para corregir los tiempos - estándar por medio de los tiempos históricos.

El objetivo que se persiguió al mecanizar esta información es el de facilitar su control y manejo, pues actualmente se trabajan 300 órdenes de trabajo diferentes por día; al mes, alrededor de 2500 órdenes de trabajo diferentes; y por día se registran aproximadamente 1000 movimientos*, lo que en un momento dado provocaría un exceso de trabajo manual.

* Movimientos.- En este caso se entiende como un movimiento al efecto de abrir y cerrar un tiempo, para una orden de trabajo o para algún motivo de paro, por ejemplo: - Núm. orden - 56666, inicio - 15:00 hrs y terminó 18:00 hrs.

VI-A. INFORMACION QUE PROPORCIONA POR REPORTE

Como ya se dijo anteriormente, la función principal de este sistema es proporcionar la información necesaria para el sistema de medición de la productividad, pero además esta información servirá para obtener el costo real de la mano de obra invertida por cada producto manufacturado, para que posteriormente se calculen los precios de venta y los márgenes de utilidad de cada producto, para la compañía. A continuación detallaremos un poco más la manera de obtener esta información, iniciando desde la captura de la información.

Inicialmente se debe de capturar la información del "reporte de trabajo diario", para que después se procese en la computadora, creando dos archivos maestros de información, uno se llamará archivo maestro de tiempos reales y el otro archivo maestro de tiempos perdidos.

El archivo maestro de tiempos reales puede guardar los costos reales de mano de obra, ésto es sencillo, pues sólo se requiere encadenar este archivo con la nómina y aplicar la tarifa horaria por obrero al tiempo real reportado y acumulando estos dos datos (horas y costo real) por semana, por mes y por un total de la orden de trabajo.

Para emitir el listado de "tiempos trabajados por día", es necesario dar de alta la información de la orden de trabajo como: la cantidad de piezas, el tipo de pieza, a qué producto pertenece y su tiempo estándar de manufactura. Esta información se hace necesaria para emitir el listado diario, debido a que en el listado aparecerá el tiempo estándar de manufactura. Como una referencia se anexa el diagrama de flujo (figura 1).

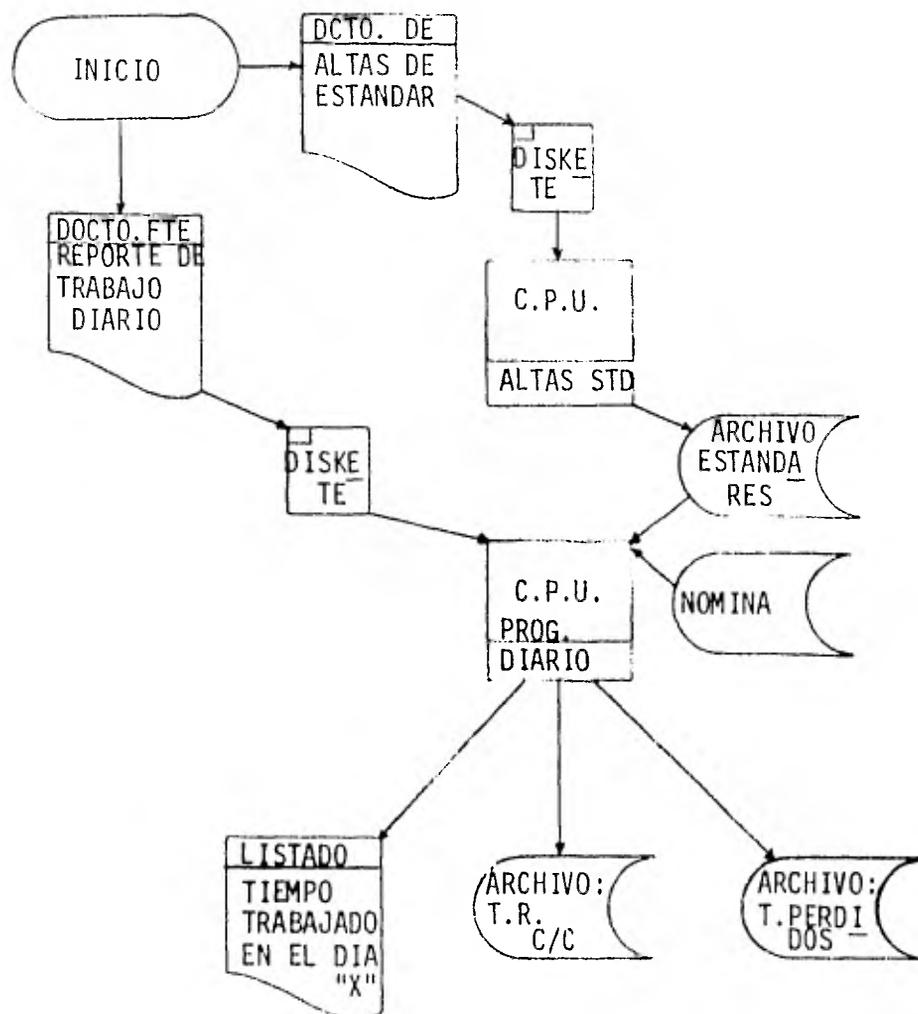
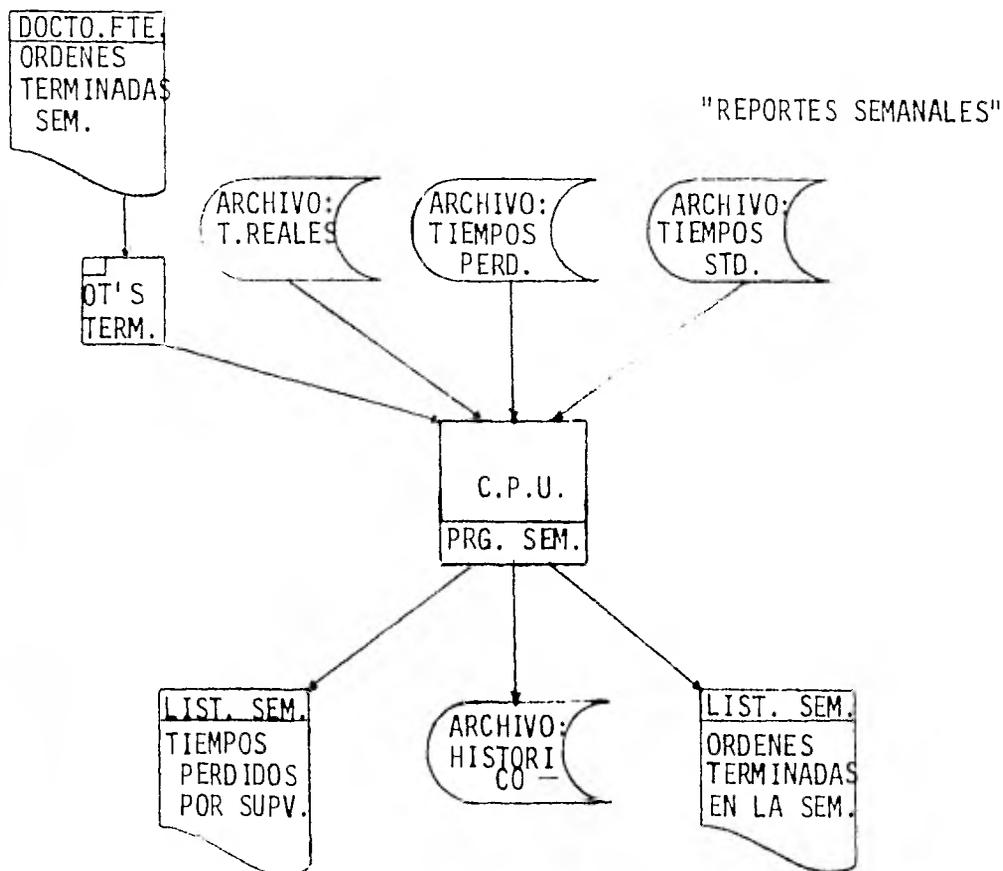


FIGURA - 1

C.P.U. Unidad Central de Proceso

Semanalmente se pueden obtener los siguientes re -
 portes: tiempos perdidos en la semana por supervisor; este
 reporte traerá un acumulado de tiempos perdidos por motivo -
 de paro y nos servirá para detectar los puntos de mayor ine -
 eficiencia al igual que para presionar al supervisor en lo -
 que se requiera, otro reporte que se puede obtener es el de -
 "órdenes de trabajo terminadas en la semana" para este úl -
 timo es necesario afectar el archivo de tiempos reales y -
 formar el archivo histórico. A continuación se presenta el
 diagrama de flujo (figura 2).



C.P.U. = Unidad central de Proceso

F I G U R A 2

Mensualmente se obtendrán los siguientes reportes:

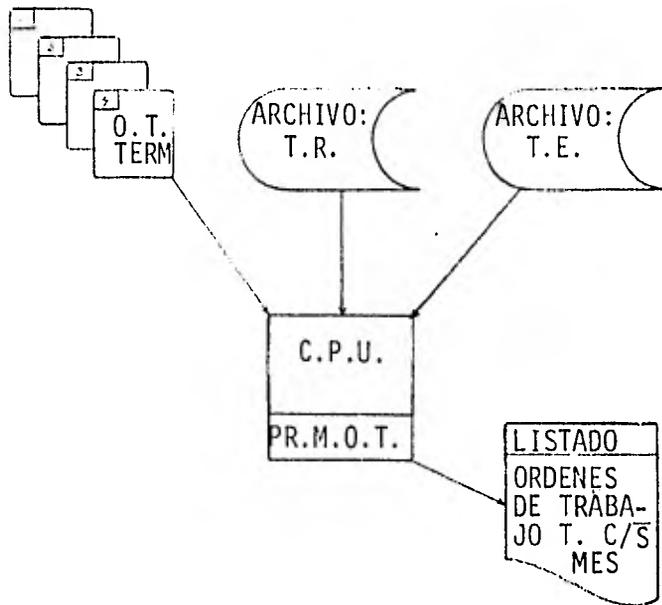
- _ Ordenes de trabajo terminadas en el mes con estándar
- _ Tiempos trabajados en el mes
- _ Tiempos perdidos en el mes por motivo de paro

El listado de "órdenes terminadas en el mes" nos servirá para medir el rendimiento de la planta, pues en este listado se compara el tiempo real acumulado contra el tiempo estándar autorizado por cada orden en el mes.

"Tiempos trabajados en el mes". Este listado sólo nos servirá de referencia pues éste se compara contra las horas pagadas por nómina y se aceptarán variaciones entre estos dos reportes del 0.5% mensual, en caso contrario se detectarán los problemas y se tomarán las acciones correctivas.

"Tiempos perdidos en el mes". Este reporte más el de las horas pagadas por nómina, sirven para calcular la eficiencia de la planta. Además de que nos sirve para detectar nuestros puntos o áreas donde se pierde mayor tiempo y sobre qué tipo de causa, para tomar las acciones necesarias para el incremento del índice de productividad. A con

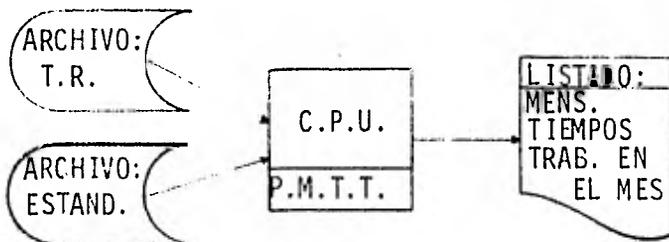
tinuación se muestran los diagramas de flujo.



"REPORTES MENSUALES"

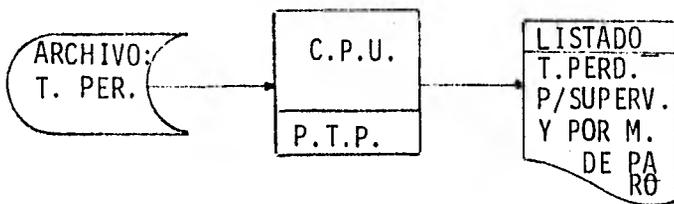
Ordenes terminadas en el mes.

FIGURA 3



TIEMPOS TRABAJADOS EN EL MES

FIGURA 4



TIEMPOS PERDIDOS EN EL MES

FIGURA 5

Por último, se mencionó un archivo "histórico", - aquí es donde se guardan todas las órdenes de trabajo que - se hayan terminado en meses y semanas anteriores. Este archivo nos servirá para calcular el tiempo real promedio de cada orden de trabajo manufacturada en la planta y afectado el promedio por un factor, nos resulte un tiempo estándar - aproximado dependiendo del comportamiento (variaciones) que tenga la misma pieza de una orden de trabajo a otra. En es te archivo también se guarda el costo real que fue calculado anteriormente (en el reporte diario) de la mano de obra invertida, de acuerdo a los sueldos de la nómina.

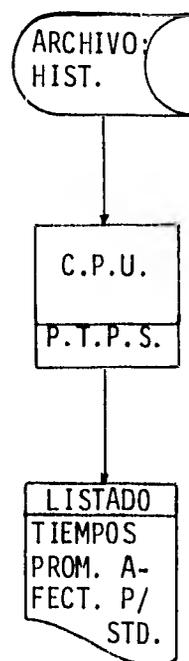


FIGURA 6

De este mismo archivo es posible obtener el costo-real de cada producto manufacturado en la planta, con solo-proporcionarle la relación de órdenes de trabajo por producto (ver figura 7).

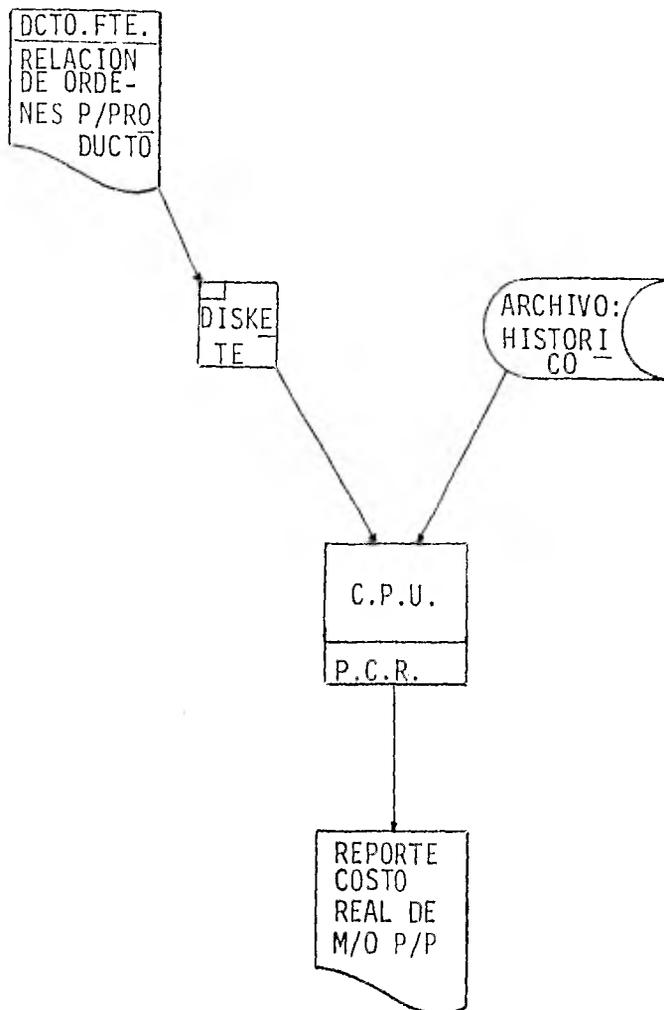


FIGURA 7

C A P I T U L O V I I

SISTEMA DE CONTROL DE

LA PRODUCTIVIDAD

SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD

El objetivo de este sistema es controlar la productividad de la mano de obra directa principalmente, para lo cual es necesario:

- Identificar puntos de ineficiencia
- Analizar y diagnosticar las ineficiencias
- Elaborar planes de solución de ineficiencias
- Seleccionar solución evaluando la costeabilidad
- Justificar la solución o plan seleccionado
- Implementar la mejor solución
- Medir resultados.

Esto se hace necesario debido a que el fin de medir la productividad es ese y sólo nos proporciona una referencia de como se encuentra el funcionamiento de nuestra empresa pero de nada nos serviría saber como funcionamos, si no tomamos acciones correctivas de nuestros defectos, así que el objetivo de controlar la productividad es "Mejorarla" En todos los actos de nuestra vida hablamos muy comunmente de controlar, pero ¿en realidad entendemos lo que significa? Enseguida escribiremos un poco sobre lo que es el control.

VII-A. CONTROL

En la industria y en los negocios se habla de controlar todo, pues se menciona que es necesario controlar la producción, controlar el presupuesto, controlar los inventarios, controlar la calidad y hasta controlar la productividad.

Por otro lado, es común que todo el mundo pueda dar una explicación más o menos buena del concepto y sin embargo, es común que la mayoría de las personas no lo apliquemos en su verdadero significado y consecuentemente no obtengamos su milagrosa ayuda para convertir los sueños en realidad, para convertir los intentos en logros.

Como decíamos anteriormente, se habla de controlar la producción, pero no se logran cumplir los programas. Se controla el presupuesto, pero normalmente se exceden los gastos, controlamos los desperdicios, pero generalmente no sabemos cuales deben ser los límites de control. Todo lo anterior indica que no estamos controlando y nos hace ver también que, confundimos el control con el registro, lo que quiere decir que confundimos el hacer con el lograr.

Analizando lo que realmente significa el control, daremos la siguiente definición:

"Controlar un objeto", una acción o un índice, es mantener al sujeto de control dentro de los límites, especificaciones o reglas acordadas".

El éxito del control está en lograr, por lo que podemos decir que controlar es lograr pues controlar la producción, es lograr el cumplimiento del programa de producción. Controlar el presupuesto es lograr que no se gaste más de lo presupuestado.

Controlar la productividad, es lograr que el índice no baje del nivel en que se encuentra y en consecuencia lograr su mejoramiento para beneficio de la empresa.

Podemos decir que para controlar hay que seguir los cuatro pasos siguientes:

- 1) Primeramente se deben establecer los límites del control.
- 2) Enseguida debemos registrar los datos necesarios.
Esto es el establecimiento de un mecanismo que observe, mida e informe de la conducta del sujeto de control.
- 3) Posteriormente tenemos que analizar los datos re -

gistrados.

Esto empieza con la comparación de lo que es control que debe ser, lo que significa verificar que -- los datos registrados estén dentro de los límites fijados y en caso de que no lo estén, o bien, que se identifique alguna tendencia a salirse de los límites, se deben buscar las causas y sus posibles soluciones.

4) Por último se deben tomar las acciones correctivas.

Una vez determinada la causa que trata de sacar de sus límites al sujeto de control y determina la acción correctiva, lo que resta es aplicar dicha acción correctiva.

De lo anterior deducimos que el control no es una acción que se realice una vez y ya. No, el control es un proceso continuo que debe mantenerse por todo el tiempo en que subsista el interés por el sujeto de control.

No todas las cosas requieren el mismo control, en algunos casos el control debe ser casi permanente, mientras que en otros el control es casi nulo y esto se debe a la conducta del sujeto de control, ya sea que fuese estable o no.

VII-B. METODOLOGIA PARA CONTROLAR LA PRODUCTIVIDAD

Como se acaba de mencionar para controlar, primeramente debemos de fijar nuestros límites, así que para controlar la productividad también es indispensable hacerlo.

Por otro lado, nosotros sabemos que la productividad de la compañía se encuentra alrededor del 60%, por lo que de esta manera queda determinado nuestro límite inferior de control] y que en nuestro caso es el más importante, pues nunca desearemos que nuestra productividad baje a un nivel inferior de esto, pues el objetivo de controlar la productividad es aumentar el índice.

Para determinar nuestro límite superior la cosa es muy sencilla, pues el 100% de la productividad es un valor óptimo teórico de productividad y es imposible lograrlo en la realidad.

El siguiente paso es, registrar los datos necesarios para el control de la productividad, los cuales los obtendremos con nuestro "Sistema de Medición de la Productividad" expuesto anteriormente, el cual nos proporcionará mensualmente la conducta del índice de la productividad de la planta y así identificar las tendencias en cuanto a los resultados de las mejoras.

Ahora lo que tenemos que hacer es, analizar los datos obtenidos, con el sistema de medición de la productivi-
dad, pero para analizar estos datos, lo haremos en base a -
los siete pasos que mencionaron al inicio de este tema.

- Identificar puntos de ineficiencia

En este punto se trata de localizar todas las ine-
ficiencias posibles de la planta.

- Analizar las ineficiencias

Ya con una lista de problemas, se antoja como lo -
más lógico, atacar las ineficiencias que más perju-
diquen el desempeño de la compañía, ésto lo pode -
mos identificar por medio del "Principio de Pareto"
(ver anexo al final de este tema).

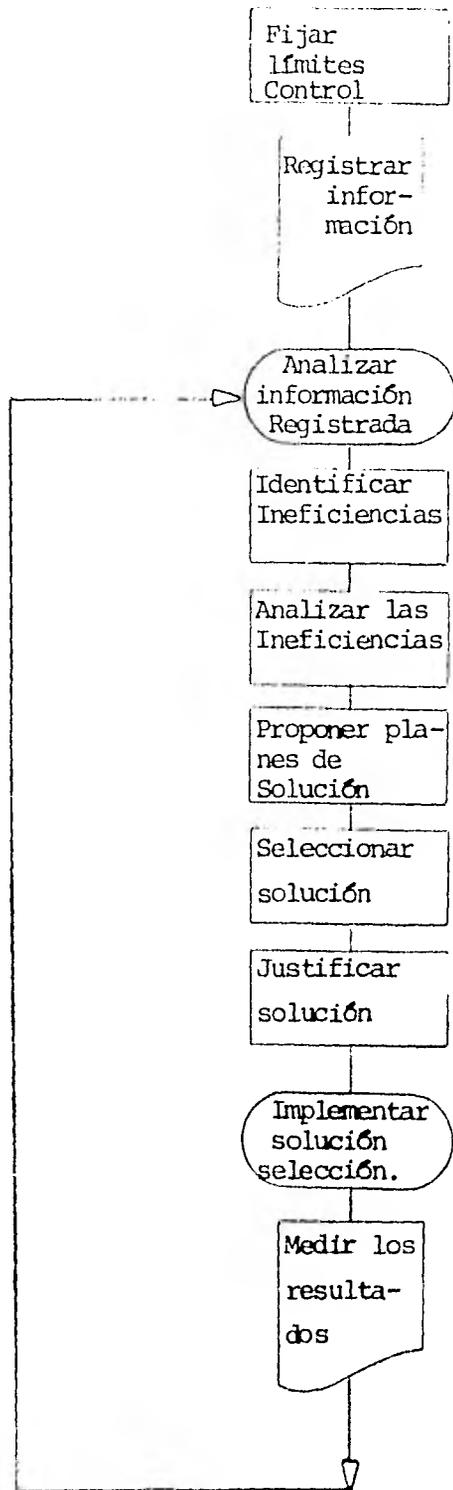
- Elaborar planes de solución de ineficiencia

Teniendo detectados los puntos de ineficiencia más
fuertes dentro de la planta, procederemos a, propo-
ner varias alternativas de solución por medio de -
una tormenta de ideas.

- Selecciónar la solución adecuada

En base a un análisis de costos, se seleccionará -
la mejor propuesta o bien en base a la propuesta -
que nos proporcione mejores resultados.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL METODO DE CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD.



- Justificar la solución seleccionada

Este punto es consecuencia del anterior pues al seleccionar se está haciendo bajo las bases de un costo menor o bien con resultados mejores y de esta manera queda justificada dicha selección.

- Implementar solución

Esto es quizás, en la mayoría de los casos, lo más difícil de obtener dentro de lo que es el control de la productividad, pues cualquier persona por naturaleza presenta resistencia a cualquier cambio, aunque sea en beneficio propio. En este punto lo que se tiene que hacer primeramente, es vender la idea a los niveles más altos y posteriormente, hacer partícipe de la nueva idea al operario afectado, lo que se quiere con esto último, es que se debe hacer creer al operario que la idea se desarrolló por medio de alguna propuesta que él mismo hizo y además se le debe convencer de que es en su beneficio.

- Medir resultados

Este es el punto donde veremos reflejados nuestros esfuerzos para incrementar la productividad. Este punto es tan importante como el de implementación, pues de nada sirve realizar todo un análisis, im -

plementarlo y no obtener resultados satisfactorios, es la parte final del control, pues es donde se reflejan los logros.

Dos de los puntos que se han detectado que provocan mayor ineficiencia dentro de la compañía son el manejo de materiales y la mala distribución de la mano de obra directa dentro de las áreas de producción.

De los dos puntos anteriores, el que nos puede dar resultados más pronto es el balanceo adecuado de la mano de obra pues en lo que se refiere a manejo de materiales, se requiere de un análisis muy detallado y prolongado en cuanto a tiempo; a continuación mencionaremos la forma de calcular la mano de obra.

VII-C. CALCULO DE REQUERIMIENTOS DE PERSONAL

El objetivo de este punto es el de sistematizar la forma de distribuir la mano de obra directa en la planta, -- pues actualmente sucede, que alguna área tiene que trabajar tiempo extra mientras que otra le sobra capacidad y termina su trabajo anticipadamente, lo que genera un costo más elevado de manufactura.

FORMA DE CALCULO

Primeramente identificaremos los datos necesarios para dicho cálculo:

- Programa de producción mensual
- Horas hábiles disponibles en el mes
- Porcentaje de productividad acumulado
- Tiempos estándar
- Fórmula para calcular la M.O.D.
- + El programa de producción mensual, lo proporcionara el departamento de "Control de la Producción", - este programa deberá ser respetado hasta donde sea posible, de lo contrario deberán avisar de los cambios que sufra para hacer los nuevos cálculos de distribución de mano de obra.

+ Las horas disponibles en el mes serán determinadas tomando en cuenta que los horarios de trabajo varían, pues de lunes a jueves se trabajan 23.0 horas/día, el viernes se trabajan 22.5 horas/día, y los sábados sólo 12.0 horas/día en las áreas de ensamble y maquinados, en el área de mecano-soldadura se trabajan 15.0 horas de lunes a viernes y el sábado sólo se trabajan 12.0 horas. Así que para calcular las horas disponibles en el mes se procederá como sigue:

DE UN CALENDARIO SE OBTIENEN

Núm. de días hábiles en el mes de lunes a jueves	(X) =	__
Núm. de viernes hábiles en el mes	(Y) =	__
Núm. de sábados hábiles en el mes	(Z) =	__

y se aplican las siguientes relaciones:

para: ensamble y maquinados (tres turnos)

$$\text{Hrs. Disp.} = 23X + 22.5 Y + 12.0 Z$$

para: mecano-soldadura (dos turnos)

$$\text{Hrs. Disp.} = 15 (X + Y) + 12.0 Z$$

Estas relaciones fueron desarrolladas considerando

para su cálculo, la disponibilidad de un obrero por turno.

+ Porcentaje de productividad acumulado.

Estos datos serán obtenidos del reporte mensual de productividad de mano de obra directa y es con el fin de convertir los tiempos estándar en tiempos reales, pues por lo pronto sólo se pretende distribuir la mano de obra disponible de una forma equitativa y balanceada, en el momento que se tengan tiempos estándar correctos; este factor sale sobrando y se debe omitir, con el fin de presionar al departamento de producción y obligarlos a trabajar más eficientemente.

+ Tiempos estándar.

Estos datos son los tiempos estándar estimados por Ingeniería Industrial y mientras que no se implemente el sistema anteriormente mencionado, para corregir los estándares de tiempo, se tendrá la necesidad de afectarlos por el factor de productividad.

+ Fórmula para calcular la mano de obra directa requerida.

Esta fórmula se aplicará mientras que no se corrijan los tiempos estándar.

$$\text{M.O.D. REQ.} = \frac{\text{HRS. STD. AUTORIZADAS}}{\text{HRS. DISPONIBLES X MES}} \times \frac{1}{\% \text{ PROD.}}$$

En cuanto se corrijan los tiempos estándar la fórmula quedará así:

$$\text{M.O.D. REQ.} = \frac{\text{HRS. STD. AUTORIZADAS}}{\text{HRS. DISPONIBLES X MES}}$$

A continuación daremos un ejemplo del cálculo de requerimiento de personal para esta compañía. Se hace la aclaración que los datos (Tpos. Std.), son ficticios.

Suponiendo que el programa de producción para el mes de noviembre de 1981 es la manufactura de los siguientes productos:

CANTIDAD	DESCRIPCION
1	MALACATE ES-2100
2	BOMBAS TRIPLEX T-1300
2	BOMBAS TRIPLEX T-1000
1	MASTIL Y SUBESTRUCTURA EFM-150-1000
3	MESAS ROTARIAS DE L.R. 27 1/2"
2	SWIVEL TL-500 (UNIONES GIRATORIAS)
3	GANCHOS UTB-525

LAS HORAS DISPONIBLES SERAN:

Núm. de días hábiles en el mes de lunes a jueves	(X) =	<u>16</u>
Núm. de viernes hábiles en el mes	(Y) =	<u>3</u>
Núm. de sábados hábiles en el mes	(Z) =	<u>3</u>

Aplicando la fórmula para tres turnos:

$$\begin{aligned} \text{Horas disp.} &= 23 X + 22.5 Y + 12.0 Z = \\ &= 368 + 67.5 + 36 = 471.5 \text{ hrs disp/mes} \end{aligned}$$

Así que para las áreas de maquinados y ensamble se tienen 471.5 horas disponibles en el mes por un obrero en cada turno (3 obreros/día), para mecano-soldadura a dos turnos (2 obreros/día) queda:

$$\begin{aligned} \text{Hrs. disp.} &= 15 (X + Y) + 12. Z = \\ &= 285 + 36 = 310.0 \text{ hrs disp/mes} \end{aligned}$$

Suponiendo que el índice de productividad acumulada fuera a:

Ensamble = 74.7%, mecano-soldadura = 73.5% y maquinados = 60.1%

Sólo nos resta aplicar la fórmula para calcular la M.O.D.,- requerida, para lo cual se usará el siguiente formato.

PRINCIPIO DE PARETO

No todas las cosas en la vida son igualmente importantes. Algunas cosas o eventos son más importantes que otros. La prueba de que estamos de acuerdo con ello la tenemos cuando decimos que no es posible resolver todos nuestros problemas al mismo tiempo, debemos de asignar prioridades y resolver primero las más importantes.

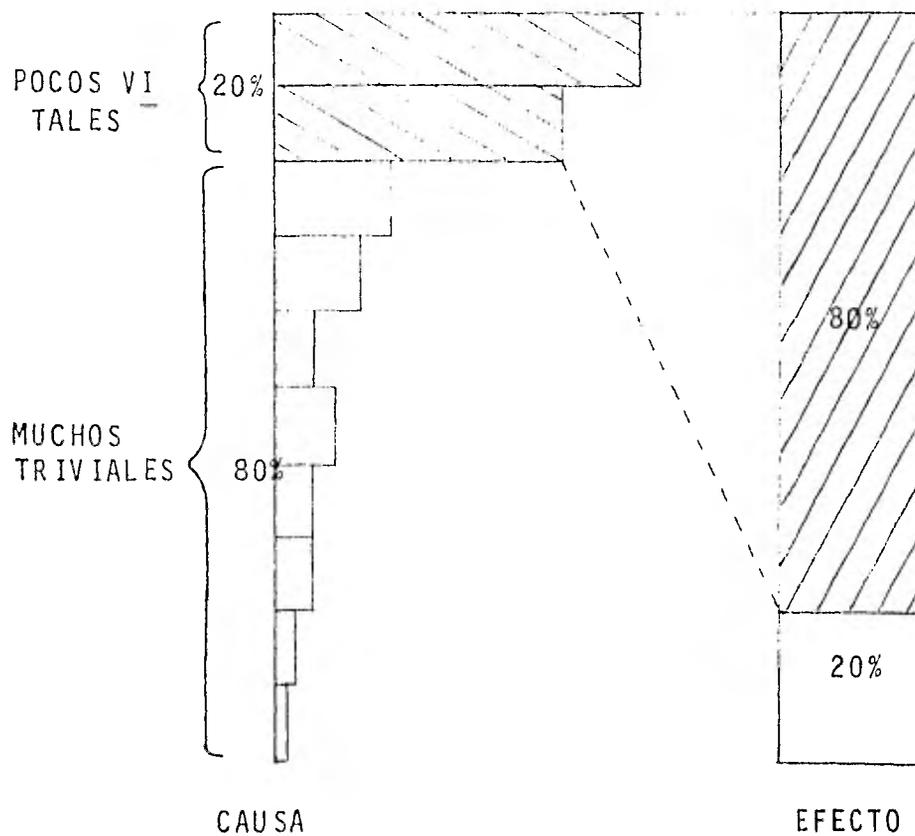
De acuerdo a esto fue como Vilfredo Pareto descubrió este principio que lleva su nombre y que es una valiosísima herramienta de análisis. El organizó una serie de datos específicos correspondientes a un problema determinado y los ordenó de acuerdo a su contribución de mayor a menor con sus valores respectivos y de esta manera fue como V. Pareto llegó al principio que lleva su nombre y el cual dice:

En todo fenómeno que resulte como consecuencia de la intervención de varias causas o factores, ordenados en una lista de mayor a menor según la magnitud de su contribución, se encontrará que un pequeño número de causas de la lista, contribuyen a la mayor parte del efecto, mientras que el numeroso grupo de causas restantes contribuye solamente a una pequeña parte del efecto.

Este principio también se conoce como la regla del 80-20. En general, sucede que un 20% de las causas más importantes, son responsables del 80% del efecto.

(Estos valores deben tomarse como promedio).

Gráficamente se puede representar así:



C A P I T U L O V I I I

P R E S U P U E S T O D E L A M A N O D E

O B R A D I R E C T A

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA DIRECTA

El objetivo de cualquier presupuesto es "hacer el uso más efectivo de nuestros recursos". Por otro lado, el presupuesto es confundido comunmente con los costos estándar, pero por supuesto tiene que ver con dichos costos. Además un presupuesto con un buen sistema de costos estándar, es una buena herramienta de control y por lo mismo se obtendrán mejores ganancias a las planeadas originalmente.

Pasos para un control presupuestal:

- 1) Establecimiento de objetivos
- 2) Comparar el funcionamiento actual contra esos objetivos
- 3) Descubrir las causas de desviación de esos objetivos
- 4) Eliminar las causas de variación o cambiar los objetivos como todos sabemos dentro del presupuesto de una compañía.

Los puntos más importantes son:

- a) El pronóstico de ventas
- b) La mano de obra necesaria
- c) La capacidad de planta disponible
- d) Gastos de fabricación.

De los puntos anteriores, el cálculo de b) y c) - son responsabilidad directa del departamento de Ingeniería Industrial, pero como el punto d) es consecuencia del punto b), este punto d), también es de la incumbencia del departamento de ingeniería industrial, sólo el punto a) es res - ponsabilidad del departamento de ventas.

Por supuesto que existen otros puntos y departamentos involucrados en el establecimiento de un presusupuesto - pero aquí sólo haremos mención de lo que le interesa al departamento de Ingeniería Industrial.

Durante el desarrollo del presupuesto, el Ingeniero Industrial (o el departamento), estará comprometido a - elaborar muchos estudios y asistencias a otras personas o - departamentos administrativos en la acumulación, verifica - ción, y aplicación de sus datos de presupuesto.

A continuación se elaborará el cálculo de la capaci - dad de planta disponible, con el fin de relacionarla con - la cantidad de mano de obra requerida.

VIII-A CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PLANTA

Este cálculo de capacidad de planta es con el objeto de identificar, si es posible cumplir con el pronóstico de ventas anuales, para presupuesto. Así que calcularemos la capacidad anual de la planta en sus diferentes áreas.

Capacidad de ensamble

En el cálculo de esta capacidad, primeramente fue necesario, determinar la cantidad máxima de mano de obra, - que puede ser utilizada al mismo tiempo en el área de ensamble, concluyéndose que pueden trabajar 30 obreros por turno.

Para llegar a lo anterior, se tomó en cuenta la - cantidad máxima de obreros que han trabajado en años anteriores, la superficie del área de trabajo, el tipo de trabajo que desarrollan y cómo se puede distribuir el trabajo.

Los datos que se usarán para dicho cálculo en cuanto a días laborales es, 25 días/mes en promedio y las horas productivas por día serán 21.5 horas/día por lo tanto:

$$\text{CAP.} = (21.5 \text{ hrs/día}) (25 \text{ días/mes}) (30 \text{ obreros}) (12 \text{ meses/año}) = \text{CAP. ENSAMBLE} = 193\ 500 \text{ horas/año.}$$

Capacidad de mecano soldadura: procediendo de igual manera que en el área de ensamble, se llegó a:

No. Ob. máx. en el área = 100 obreros por turno

CAP. MECANO-SOLD = (21.5 hrs/día) (25 días/mes) (100 obr) --
(12 meses/año) = CAP. MECANO-SOLD = 645 000.0 horas/año

Capacidad de maquinados

En esta área la limitante que existe es el número de máquinas y no la cantidad máxima de obreros en el área.--
Procediendo de la misma forma que en los puntos anteriores, resulta:

Nó. de máquinas = 50

CAP. MAQUINADOS = (2.5 hrs/día)(25/días/mes) (50 maq) (12-
meses/año) = CAP. MAQUINADOS = 322 500.0 horas/año.

Se hace la aclaración de que estas capacidades -
calculadas son las máximas posibles con los recursos actua-
les, pero en ellas no se tomaron en cuenta los problemas -
que provocaron ineficiencias y pérdida de capacidad de pro-
ducción.

Debido a que no se tomó en cuenta ningún factor -

de ineficiencia en los cálculos anteriores, se volverá a -
calcular la capacidad de maquinados con estas consideracio -
nes:

- Horas perdidas por mantenimiento = 11% anual
- Horas perdidas por falta de energía eléctrica = 1.0% -
anual

Estos valores son en base a un año.

La razón de afectar la capacidad de maquinados, es debido a que para nosotros nos representa esta área, un cuello de botella, en la producción de nuestros equipos. Con los datos anteriores resulta:

$$\text{CAP. REA. MAQUINADOS} = 322\ 500 (1.0 - 0.11 - 0.01) = 32\ 500 (0.88)$$

$$\text{CAP. REAL MAQUINADOS} = 283\ 800 \text{ horas/año}$$

Esta sería la capacidad real del área de maquina -
dos, aunque se podría incrementar un 2.0% aproximadamente -
con tiempo extra.

VIII-B. CALCULO DEL PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA

En el presupuesto de mano de obra lo primero que se debe calcular es, el "requerimiento de la mano de obra" para el pronóstico de ventas anual. Este cálculo se puede hacer de la misma manera que un cálculo de requerimiento de personal mensual, y puede ser calculado mes por mes y en forma global. Para este ejemplo se tomará a nivel global. Para lo cual suponemos un pronóstico de ventas como el siguiente:

PRONOSTICO DE VENTAS

CANTIDAD	PRODUCTO
15	MALACATES ES-2100
45	BOMBA TRIPLEX T-1300
15	MASTIL Y SUBESTRUCTURA EFM-150-1000
35	ROTARIAS DE LR-27 1/2"
28	SWIVEL TL-500
24	GANCHOS UTB-525
40	BOMBAS TRIPLEX T-1000

Ahora utilizaremos el mismo formato de los requerimientos de personal, sólo que nada más calcularemos las horas estándar requeridas y a estas últimas les aplicaremos un factor de ineficiencia inevitable o factor "normalmente-

fuera de estándar".

Cálculo del factor "normalmente fuera de estándar":

Para calcular este factor es necesario identificar cada una de las ineficiencias inevitables en la planta.

Por ejemplo, aquí en la planta se ha detectado que son de un 18% aproximadamente y los puntos que se tomaron en cuenta son:

- 8.5% MANEJO DE MATERIALES
- 0.5% ASUNTOS SINDICALES
- 3.8% A CAUSA DE AUSENTISMO
- 5.4% PAROS LEGALES

Los datos antes mencionados son exclusivos de las condiciones y políticas de la empresa. Esta información ha sido obtenida del sistema de reporte de tiempos reales. Pero para el caso del ausentismo, se ha demostrado que cuando un obrero falta y es reemplazado por otro, este último trabaja a un 60% de eficiencia debido a la falta de práctica - del manejo de algún equipo u operación.

Así que si se tienen aproximadamente 340 obreros y el índice de ausentismo se encuentra en un 10% se tiene que:

34 obreros trabajan al 60% de su capacidad a diario. Entonces se pierden:

34 obreros x 8.0 hrs. x 0.40 efic = 108.8 hrs/día

108.8 hrs/día x 25 días/mes x 12 meses = 32 640.0 hrs. per-
didas

y si anualmente se trabajan 860 000 horas,
entonces se está perdiendo aproximadamente el:

$$\% = \frac{32\ 640\ \text{hrs}}{860\ 000\ \text{hrs}} \times 100\% = 3.8\% \text{ de horas anualmente}$$

En el caso de manejo de materiales se incluyen las horas perdidas por el transporte del material, espera de - grúa y el manejo de las grúas.

En asuntos sindicales se incluyen las horas perdi- das para arreglar asuntos sindicales, de personal y de nómi- nas.

En paros legales se incluye: tiempo de comida, - viajes de trabajo (para reparar equipos en garantía), retra- sos del transporte de la compañía, consultas con el médico, etc.

Ahora en la página siguiente observaremos el cálcu- lo de las horas estándar autorizadas por Ingeniería Indus- trial para cumplir el pronóstico de ventas.

De acuerdo a lo anterior, se requiere la siguiente cantidad de horas por área:

Ensamble	117,587.0 horas
Mecano-soldadura	479,138.0 horas
Maquinados	269,623.0 horas

Al comparar estas horas autorizadas contra la capacidad por cada área resulta que se tiene:

Ensamble	193,500.0 horas disp.
Mecano-soldadura	645,000.0 horas disp.
Maquinados	283,800.0 horas disp.

Y en consecuencia vemos que sobra capacidad, pero al incluir el factor "normalmente fuera de estándar", resulta que las horas autorizadas se incrementan .

Ensamble	$117\ 587 \times 1.182 = 138\ 988.0$
Mecano-soldadura	$479\ 138 \times 1.182 = 566\ 341.0$
Maquinados	$269\ 623 \times 1.182 = 318\ 694.0$

y se encuentra una saturación de la capacidad de:

Ensamble	72%
Mecano-soldadura	88%

Maquinados 112%

Y en consecuencia se tiene que trabajar tiempo extra y mandar piezas a maquilar a otras compañías.

C A P I T U L O I X

C O N C L U S I O N E S

C O N C L U S I O N E S

El objetivo de este capítulo es demostrar que el sistema propuesto para medir la productividad es funcional, no sólo en teoría, pues estadísticamente ya quedó demostrado, sino que también en la práctica nos brinda mediciones aproximadas a la realidad, para comprobar ésto, primeramente mostrare el cálculo de la productividad mes a mes con este sistema y posteriormente se calculará la productividad como se hace tradicionalmente pero con datos anuales y por supuesto de diferentes fuentes de información. Para poder estar más seguro de que este sistema funciona adecuadamente, se analizarán dos diferentes años fiscales de la compañía, el primero será el año de 1980.

IX-A. CALCULO ANUAL DE LA PRODUCTIVIDAD (1980)

En la tabla anexa (1) se presenta un resumen anual de los cálculos mensuales de la productividad de la mano de obra directa del año de 1980; esta productividad fue calculada con las fórmulas propuestas en el capítulo III y son las siguientes:

% PRODUCTIVIDAD = (% EFICIENCIA) (% RENDIMIENTO)

% EFICIENCIA = $\frac{\text{HORAS UTILIZADAS}}{\text{HORAS PAGADAS}} \times 100\%$

% RENDIMIENTO = $\frac{\text{HORAS ESTANDAR}}{\text{HORAS REALES UTILIZ.}} \times 100\%$

Horas pagadas: son proporcionadas por el departamento de nóminas.

Horas utilizadas: éstas resultan de las horas pagadas, pues a estas últimas se le restan las horas perdidas por causas ajenas al departamento de manufactura y mensualmente se obtiene del sistema de tiempos reales.

(HRS. UTIL = HRS. PAG - HRS. PERDIDAS)

Horas perdidas: estas horas perdidas incluyen, - falta de energía eléctrica, mantenimiento de equipo, manejo de materiales, etc.

Horas estándar/horas reales utilizadas: se obtienen de un reporte del sistema de tiempos reales en donde - aparece el tiempo estándar utilizado para la manufactura de cada pieza y su tiempo real acumulado hasta el momento en - que queda terminada.

Ya aclarada la procedencia de cada dato, procedere

mos a analizar el año de 1980.

Como podemos observar, los índices de productivi-
dad de este año varían muchísimo pues van desde un 137% has-
ta un 29% de productividad y ésto se debió a la falta de -
conciencia de la gente que hacia los reportes de tiempos -
reales, pues lo hacían equivocadamente. A pesar de eso po-
demos observar que en los meses donde existe una muestra ma-
yor de órdenes terminadas (ver. enero, mayo, junio, agosto-
y septiembre del anexo 1), los porcentajes de rendimiento -
son similares y por su mayor peso dentro de todos los meses
ocasiona una estandarización alrededor del 70%.

Calculando la productividad anual por medio de los
datos mensuales acumulados, resulta:

$$\% \text{ EFICIENCIA} = \frac{631,471.5}{734,818.0} \times 100\% = 85.9\%$$

$$\% \text{ RENDIMIENTO} = \frac{294,266.1}{421,623.1} \times 100\% = 69.8\%$$

$$\% \text{ RPRODUCTIVIDAD}_M = (0.859)(0.698) \times 100\% = 59.96\%$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD}_M = 60.0\%$$

Si nosotros quisieramos calcular con estos datos -
la productividad por medio de la fórmula tradicional, resul-
ta__

$$\begin{aligned} \% \text{ PRODUCTIVIDAD} &= \frac{\text{HORAS ESTANDAR}}{\text{HORAS PAGADAS}} \times 100\% \\ &= \frac{294,266.1}{734,818.0} \times 100\% = 40.05\% \end{aligned}$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD} = 40.0\%$$

El cual es un valor no muy convincente, pero si -
ahora la calculamos con datos anuales, por ejemplo:

Las horas pagadas serían las mismas = 734,818.0
horas pag./año

Las horas estándar son las que se generan de acuerdo a la producción anual (ver anexo 2) y son = 445,519.4 horas pagadas/año. Con los datos anteriores se calcula la productividad anual y resulta:

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD} = \frac{445,519.4}{734,818.0} \times 100\% = 60.63\%$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD} = 60.6\%$$

Ahora comparando la productividad mensual acumulada vs. productividad anual, resulta:

$$\begin{aligned} \% \text{ PRODUCTIVIDAD } M &= 60.0\% \\ \% \text{ PRODUCTIVIDAD } A &= 60.6\% \\ \text{DIFERENCIA} &= (0.6)\% \end{aligned}$$

Como podemos observar, la diferencia resultante es mínima y no es significativa.

Para que no exista duda de estos cálculos, más adelante se presenta el cálculo anual del año de 1981.

Para este año (81) en la determinación de las horas estándar se acordó, dentro de la compañía, afectar a éstas por un porcentaje (26%) con el fin de obtener un rendimiento mejor y así el Departamento de Producción le dé el crédito necesario a los tiempos estándar y traten de cumplir con ellos.

RESUMEN ANUAL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DIRECTA
(MENSUAL)

1980

PRODUCTIVIDAD PLANTA

MES	REP. NOMINA Y TPOS. TRABAJO/MES			REPORTE OT. S TERMINADAS/MES			% PRODUCTIVIDAD
	HORAS PAGADAS	HORAS UTILIZADAS	EFICIENCIA	HORAS REALES	HORAS STD	REN DIMIENTO	
NOVIEMBRE	61 867.0	52 989.6	85.6	5 049.3	8 085.6	160.1	137.1
DICIEMBRE	35 801.0	27 412.3	76.6	10 405.8	16 737.7	160.1	123.2
ENERO	65 019.5	55 583.7	85.5	87 485.0	77 382.0	88.4	75.6
FEBRERO	56 023.5	51 252.9	91.5	5 458.7	4 651.3	85.2	78.0
MARZO	65 167.0	53 800.8	82.6	3 346.6	1 880.4	56.2	46.4
ABRIL	51 704.0	41 757.3	80.8	17 030.2	8 823.5	51.8	41.8
MAYO	58 394.5	62 122.0	106.4	49 184.2	39 947.8	81.2	73.5
JUNIO	60 544.0	54 222.0	89.6	40 370.2	29 057.5	72.0	64.5
JULIO	67 944.5	54 755.0	80.6	19 274.7	14 018.1	72.7	58.6
AGOSTO	83 552.0	71 677.8	85.8	54 912.4	34 633.3	63.1	54.1
SEPTIEMBRE	63 845.0	50 073.5	78.4	54 248.5	33 631.8	62.0	48.6
OCTUBRE	64 956.0	55 824.6	85.9	74 857.5	25 417.1	34.0	29.2
TOTAL	734 818.0	631 471.5	85.9	421 623.1	294 266.1	69.8	60.0

CALCULO DE HORAS ESTANDAR AUTORIZADAS SEGUN
PRODUCCION ANUAL 1980

DESCRIPCION DEL PRODUCTO	CANT	ESTANDAR UNITARIO	ESTANDAR AUTORIZADO
MALACATE E-2100	6	9 255.1	55 530.6
MALACATE ES-2100	2	8 724.8	17 449.6
MALACATE H-1200	5	6 048.3	30 241.5
MALACATE H-725	-	6 832.1	-
BOMBA DE LODOS TRIPLEX T-1300	24	3 787.0	90 888.0
BOMBA DE LODOS TRIPLEX T-800	11	4 670.4	51 374.4
MASTIL EFM-150-1000	-	7 123.0	-
MASTIL Y SUBESTRUCTURA EFM-150-1000	5	20 344.6	101 723.0
MASTIL Y SUBESTRUCTURA EFM-143-650	2	13 627.8	27 255.6
MASTIL Y SUBESTRUCTURA KM-127-400	-	8 363.1	-
MESA ROTARIA LR-17.5	-	348.1	-
MESA ROTARIA LR-27.5	8	567.5	4 540.0
MESA ROTARIA LT-37.5	5	1 024.5	5 122.5
GANCHO UTB-525	10	646.6	6 466.0
GANCHO UTB-360	8	628.3	5 026.4
GANCHO UTB-160	1	393.1	393.1
GANCHO HK-525	2	330.7	661.4
SWIVEL TL-500	5	300.7	1 503.5
SWIVEL TL-400	8	338.0	2 704.0
SWIVEL TL-200	-	307.0	-
VIBRADORA	35	701.5	24 552.5
DESARENADOR	6	472.2	2 833.2
DESARCILLADOR	11	465.5	5 120.5
MULTIPLE DE LODOS	5	260.2	1 301.0
SUPER-SEPARADOR DE SOLIDOS	-	2 416.0	-
BASE DE RELLENO EQUIPO H-1200	6	1 622.5	9 735.0
CORONA P/MASTIL EFM-138-400	4	274.4	1 097.6
TOTAL DE HORAS ESTANDAR AUTORIZADAS SEGUN LA PRODUCCION DEL AÑO DE 1980			<u>445 519.4</u>

IX-B. CALCULO DE LA PRODUCTIVIDAD (1981)

En la tabla anexa (3) se presenta el resumen anual de los cálculos mensuales de la productividad del año fiscal de 1981, resultando éstos como sigue:

$$\% \text{ EFICIENCIA} = \frac{736,473.4}{889,324.9} \times 100\% = 82.8\%$$

$$\% \text{ RENDIMIENTO} = \frac{415,127.6}{464,358.6} \times 100\% = 89.4\%$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD}_M = (0.828)(0.894) \times 100\% = 74.0\%$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD}_M = 74.0\%$$

Si se pretendiera calcular la productividad anual en la forma tradicional con los datos anteriores, resulta:

$$\begin{aligned} \% \text{ PRODUCTIVIDAD} &= \frac{\text{HRS STD.}}{\text{HRS PAG.}} \times 100\% \\ &= \frac{415,127.6}{889,324.9} \times 100\% = 46.68\% \end{aligned}$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD} = 46.68\%$$

Este valor también es muy bajo, así que ahora la calcularemos en base a la producción anual (ver anexo 4) - en donde encontramos 647 723.9* horas estándar y del anexo 3 obtenemos 889,324.9 horas pagadas y resulta:

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD}_A = \frac{652,905.7}{889,324.9} \times 100\% = 73.42\%$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD}_A = 73.4\%$$

Si comparamos la productividad_A vs. la productividad_M, resulta:

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD}_M = 74.0\%$$

$$\% \text{ PRODUCTIVIDAD}_A = 73.4\%$$

$$\text{DIFERENCIA} = 0.6\%$$

En este caso la diferencia también es mínima y - por lo tanto insignificante;

NOTA: Se hace la aclaración de que en el cálculo de rendimiento mensual ya está aplicado el porcentaje de ajuste -- (26%) mencionado anteriormente, y que por lo tanto en la tabla 4 se hace dicha consideración al final de la misma.

Conclusión final:

La diferencia de porcentajes en los dos años coincidió en un 0.6% sólo que en un caso un valor es negativo --- (1980) y en el otro el valor es positivo (1981) del cálculo mensual con respecto al anual, así que con esta diferencia de $\pm 0.6\%$ queda demostrada la validez práctica de este sistema.

NOTA: Todos los datos mostrados en las tablas 1,2,3, y 4 son valores reales de la compañía.

RESUMEN ANUAL DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA DIRECTA
(MENSUAL)

1981

PRODUCTIVIDAD PLANTA

MES	REP. NOMINA Y TPOS. TRABAJO/MES			REPORTE OT.S TERMINADAS/MES			% PRODUCTIVIDAD
	HORAS PAGADAS	HORAS UTILIZADAS	EFICIENCIA	HORAS REALES	HORAS STD	REN DIMIENTO	
NOVIEMBRE/80	84 881.0	68 905.1	81.2	24 937.9	17 931.3	71.9	58.4
DICIEMBRE/80	60 459.0	44 601.9	73.8	10 779.2	7 379.6	68.5	50.6
ENERO	64 285.0	49 847.0	77.5	13 669.9	9 576.0	70.1	54.3
FEBRERO	84 411.2	69 486.4	82.3	14 123.7	10 862.0	76.9	63.3
MARZO	63 037.0	51 592.2	81.8	54 350.5	49 705.1	91.5	74.8
ABRIL	73 292.5	56 424.4	77.0	4 043.7	2 491.7	61.6	47.4
MAYO	69 099.5	59 688.7	86.4	29 197.4	20 047.8	68.6	59.3
JUNIO	83 981.2	72 020.5	85.8	12 139.9	10 745.7	88.5	75.9
JULIO	72 748.4	63 886.2	87.8	8 642.2	6 469.8	74.9	65.8
AGOSTO	73 359.1	63 277.5	86.3	10 666.3	8 428.2	79.0	68.2
SEPTIEMBRE	69 277.2	57 631.8	83.2	248 678.2	243 929.3	98.1	81.6
OCTUBRE	90 493.8	79 111.7	87.4	33 129.7	27 561.1	83.2	72.7
TOTAL	889 324.9	736 473.4	82.8	464 358.6	415 127.6	89.4	74.0

CALCULO DE HORAS ESTANDAR AUTORIZADAS SEGUN
PRODUCCION ANUAL 1981

DESCRIPCION DEL PRODUCTO	CANT	ESTANDAR UNITARIO	ESTANDAR AUTORIZADO
MALACATE E-2100	2	9 255.1	18 510.2
MALACATE ES-2100	9	8 724.8	78 523.2
MALACATE H-1200	1	6 048.3	6 048.3
MALACATE H-725	1	6 832.1	6 832.1
BOMBA DE LODOS TRIPLEX T-1300	19	3 787.0	71 953.0
BOMBA DE LODOS TRIPLEX T-800	5	4 670.4	23 352.0
MASTIL EFM-150-1000	1	7 123.0	7 123.0
MASTIL Y SUBESTRUCTURA EFM-150-1000	10	20 344.6	203 446.0
MASTIL Y SUBESTRUCTURA EFM-143-650	1	13 627.8	13 627.8
MASTIL Y SUBESTRUCTURA KM-127-400	2	8 363.1	16 726.2
MESA ROTARIA LR-17.5	1	348.1	348.1
MESA ROTARIA LR-27.5	8	567.5	4 540.0
MESA ROTARIA LR-37.5	5	1 024.5	5 122.5
GANCHO UTB-525	12	646.6	7 759.2
GANCHO UTB-360	4	628.3	2 513.2
GANCHO UTB-160	1	393.1	393.1
GANCHO HK-525	-	330.7	-
SWIVEL TL-500	13	300.7	3 909.1
SWIVEL TL-400	1	338.0	338.0
SWIVEL TL-200	1	307.0	307.0
VIBRADORA	24	701.5	16 836.0
DESARENADOR	4	472.2	1 888.8
DESARCILLADOR	1	465.5	465.5
MULTIPLE DE LODOS	4	260.2	1 040.8
SUPER-SEPARADOR DE SOLIDOS	11	2 416.0	26 576.0
BASE DE RELLENO EQUIPO H-1200	-	1 622.5	-
CORONA P/MASTIL EFM-138-400	-	274.4	-
TOTAL DE HRS.STD.POR AÑO			518 179.1
26 % DEL TOTAL COMO FACTOR DE AJUSTE			134 726.6
TOTAL DE HORAS ESTANDAR AUTORIZADAS SEGUN LA PRODUCCION DEL AÑO DE 1981			<u>652 905.7</u>

B I B L I O G R A F I A

- Introducción al Estudio del Trabajo
Oficina Internacional del Trabajo
Ginebra
- Manual de la Producción
L.P. Alford y John R. Bangs
Edit. UTEHA
- Industrial Engineering Handbook
H.B. Maynard
Edit. McGraw-Hill Book Company
- Ingeniería Industrial
Benjamín W. Niebel
Edit. Representaciones y Servicios de
Ingeniería, S. A.
- Machine-Shop Estimating
W.A. Nordhoff
Edit. McGraw-Hill Book Company.
- Motion and Time Study
Ralph M. Barnes
Edit. John Wiley & Sons.
- Estadística
Murray R. Spiegel
Edit. McGraw-Hill
- Basic Statistics for Business and Economics
Hoel-Jessen
Edit. John Wiley & Sons

Revistas:

- Industrial Engineering, Enero de 1976
- Industrial Engineering, Mayo de 1976
- Industrial Engineering, Junio de 1976
- Industrial Engineering, Marzo de 1977.

Revistas:

- Industrial Engineering, Enero de 1976
- Industrial Engineering, Mayo de 1976
- Industrial Engineering, Junio de 1976
- Industrial Engineering, Marzo de 1977.