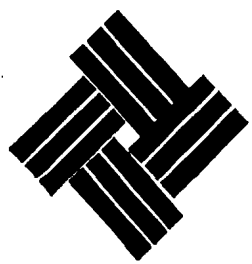


881217
10
24

UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



MANUAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TESIS CON
FALLA LE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL
P R E S E N T A
JOSE ANTONIO MONROY CARRILLO

MEXICO, D. F.

1987



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

Tesis: Manual de Ingeniería Industrial.

Presenta: José Antonio Monroy Carrillo.

Dirige: Ing. Maurice P. Levy M.

I N D I C E

Prólogo.

PARTE I: TEORIA.

PAG. #

CAPITULO I

"Introducción a la Ingeniería Industrial"

1.1	Introducción	1
1.2	La Ingeniería Industrial	1
1.3	Introducción al estudio de tiempos y movimientos	4
1.4	Historia y desarrollo de la Inge- nería Industrial	8
1.5	Tendencias actuales de la Ingenie- ría Industrial	18
1.6	Conclusión	22
	Bibliografía	23

CAPITULO 2

"Medición de tiempos"

2.1	Introducción	26
2.2	Equipos para el estudio de tiempos	27
2.3	Realización del estudio de tiempos	32
2.4	Toma de tiempos	37
2.5	Calificación del operario	43
2.6	Márgenes y tolerancias de tiempos.	54
2.7	El tiempo estándar	61
2.8	Conclusiones	63
	Bibliografía	65

CAPITULO 3

"Diagramas de proceso"

3.1	Introducción	68
3.2	Diagrama de operaciones de proceso	69
3.3	Diagramas de flujo de proceso	74
3.4	Diagrama de recorrido de activida- des	81
3.5	Diagrama de proceso hombre-máquina	83
3.6	Diagrama de barras o de Gantt	89
3.7	Conclusión	92
	Bibliografía	93

CAPITULO 4

"Micromovimientos"

4.1	Introducción	95
4.2	Movimientos fundamentales	96
4.3	Realización del estudio de micro- movimientos	103
4.4	Diagrama de proceso mano izquierda- mano derecha	106
4.5	Forma de hacer la película	110
4.6	Implementación del estudio de mi- cromovimientos	115
4.7	Conclusión	116
	Bibliografía	118

CAPITULO 5

"Simplificación del trabajo"

5.1	Introducción	120
5.2	Principios de la economía de mo- vimientos	120
5.3	Principios de la economía de mo- vimientos relativos al cuerpo hu- mano	121
5.4	Principios de la economía de mo- vimientos relacionados con el lugar de trabajo	132
5.5	Principios de la economía de mo- vimientos relacionados con el di- seño de las herramientas y el e- quipo	146
5.6	Factores humanos en la simplifi- cación del trabajo	151
5.7	Conclusión	156
	Bibliografía	157

CAPITULO 6

"Sistemas de remuneración"

6.1	Introducción	161
6.2	Incentivos y clasificación de in- centivos	162
6.3	Planes económicos directos	164
6.4	Forma de implementar un plan de incentivos en los salarios	190
6.5	Aspectos legales de los sistemas de remuneración	193
6.6	Conclusión	196
	Bibliografía	197

CAPITULO 7

"Implementación de los estudios"

7.1	Introducción	200
7.2	Establecimiento y mantenimiento de estándares de tiempo	200
7.3	Implementación de un departamento de Ingeniería Industrial en una empresa	206
7.4	Recomendaciones adicionales	210
	Bibliografía	212

PARTE II: LABORATORIO

I N D I C E:

PRACTICA # 1	216
PRACTICA # 2	217
PRACTICA # 3	219
PRACTICA # 4	220
PRACTICA # 5	221
PRACTICA # 6	222
PRACTICA # 7	224
PRACTICA # 8	226
PRACTICA # 9	227
PRACTICA # 10	230
PRACTICA # 11	232
PRACTICA # 12	234
PRACTICA # 13	235
PRACTICA # 14	237
PRACTICA # 15	239
PRACTICA # 16	240
PRACTICA # 17	241
PRACTICA # 18	242
PRACTICA # 19	243
PRACTICA # 20	244
PRACTICA # 21	245
PRACTICA # 22	246
PRACTICA # 23	247
PRACTICA # 24	248
PRACTICA # 25	249
PRACTICA # 26	250
PRACTICA # 27	251
PRACTICA # 28	252
PRACTICA # 29	253
Conclusión general de la tesis	255

P R O L O G O .

En el complejo mundo de la época actual, en el que los mercados internos y externos se tornan cada vez más competidos, el nivel de productividad en las organizaciones modernas es factor de vital importancia para el éxito de las mismas.

Además, como resultado de la apertura comercial que ha experimentado el país en los últimos tiempos, ha surgido la imperiosa e impostergable necesidad de que la industria mexicana incremente sus niveles de eficiencia y productividad para poder penetrar en los mercados internacionales con una mayor competitividad.

Siendo México un país cuyo nivel de productividad en la industria puede mejorarse considerablemente, y dado que es unánimemente reconocida la ingeniería industrial como campo científico de conocimientos idóneo para lograr mayores niveles de productividad, se puede afirmar que la ingeniería industrial tiene en la industria mexicana un campo fértil en el cual deberá aplicar todos los conocimientos en el menor tiempo posible para alcanzar la meta común: la eficiencia. Por ello, debe catalogarse a la ingeniería industrial como un área prioritaria dentro del esquema nacional de desarrollo industrial en la actualidad.

La industria nacional ha sido tradicionalmente una industria protegida y con mercados cautivos y nobles, lo que en un momento dado propició que los niveles de eficiencia no fuesen los óptimos, o bien, fuesen susceptibles de ser incrementados en forma importante.

Además, la abundancia de mano de obra en el país, así como el alto costo que representaría para la industria nacional adquirir alta tecnología que permitiese una mayor automatización, hace aún más evidente la necesidad de aplicar los principios fundamentales de la ingeniería industrial tradicional, puesto que éstos están enfocados principalmente a la obtención de mejores rendimientos de trabajadores y obreros en plantas industriales. Definitivamente que una automatización avanzada tal como se da en los países industrializados, es difícil de llevar a cabo en México por el relativo atraso de la planta industrial.

De lo anterior se puede concluir, que una modernización radical y total de la industria mexicana no podrá tener lugar en un periodo corto de tiempo, por lo que será fundamental obtener el incremento en la productividad a partir de mejores rendimientos de la mano de obra.

En este decisivo momento de la historia contemporánea es de vital importancia que los centros de enseñanza superior logren formar profesionistas cabalmente preparados en el área de la ingeniería industrial para que sean ellos quienes en base a un conocimiento teórico y práctico logren llevar a cabo la labor de hacer más productiva la industria nacional.

Dentro de este contexto, y como respuesta a la problemática anteriormente expuesta, la presente tesis pretende contribuir a proporcionar los conocimientos sobre los principios fundamentales en que se basa la ingeniería industrial como medio para obtener una mayor productividad.

Se ha pretendido que éstos conocimientos sean amalgamados en una forma didáctica y concreta, pero sobre todo, apegados a la realidad de la industria mexicana. Este punto suele ser una omisión importante que se ha encontrado en los textos tradicionales para impartir la materia, ya que muchos de los textos por ser de procedencia extranjera (sobre todo norteamericana), no presentan conceptos útiles para la industria nacional, puesto que toman en cuenta la idiosincracia del trabajador medio norteamericano, el cual tiene diferencias importantes con el obrero mexicano, además que los grados de automatización de una industria a otra varían en forma por demás importante.

Asimismo, se ha detectado que muchos de los textos tradicionales de ingeniería industrial están excesivamente enfocados a la industria metal-mecánica, que si bien representa un campo razonablemente amplio para la aplicación de los conocimientos, no es ni con mucho un porcentaje importante del área total en el que se pueden aplicar los fundamentos de la ingeniería industrial.

En base a todo lo anteriormente expuesto, la presente tesis pretende ser un manual teórico y práctico para la impartición del curso de ingeniería industrial para los estudiantes de ingeniería, ya que en base a exhaustivas y cuidadosas investigaciones se ha logrado amoldar los principios básicos de acuerdo a la imperiosa necesidad nacional de formar profesionistas íntegros que tengan los conocimientos para llevar a cabo la gran tarea que representa la eficientización de la industria mexicana. Esta tesis presenta también una serie de 29 prácticas de laboratorio, las cuales son totalmente originales y que son el complemento para el curso teórico.

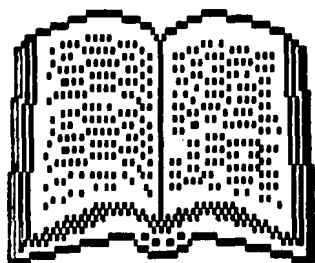
Es importante aclarar que durante el periodo de preparación de la presente tesis, el curso de ingeniería industrial en la escuela de ingeniería de la Universidad Anahuac fue impartido con

ayuda de éste trabajo con notable éxito y con el consecuente enriquecimiento del mismo.

También la presente tesis pretende ser una contribución al proyecto de la Universidad Anahuac para contar con material didáctico propio, y por ende, más apegado a los objetivos académicos que la Universidad pretende alcanzar.

Esperamos que el presente trabajo sea un medio efectivo y útil para la formación profesional de los alumnos, ya que de la íntegra formación de las nuevas generaciones dependerá que consigamos un futuro mejor y un México más fuerte.

Parte 1



TEORIA

C A P I T U L O I

"INTRODUCCION A LA INGENIERIA INDUSTRIAL"

1.1	Introducción	1
1.2	La Ingeniería Industrial	1
1.3	Introducción al estudio de tiempos y movimientos	4
1.4	Historia y desarrollo de la Inge- niería Industrial	8
1.5	Tendencias actuales de la Ingenie- ría Industrial	18
1.6	Conclusión	22
	Bibliografía	23

C A P I T U L O 1

"INTRODUCCION A LA INGENIERIA INDUSTRIAL"

1.1 Introducción.

A continuación se exponen los conceptos primordiales inherentes a la Ingeniería Industrial y, puesto que ésta se encuentra íntimamente ligada al estudio de tiempos y movimientos, presentamos un esquema general sobre los principales componentes del estudio de tiempos y movimientos, así como un método general para la resolución de problemas.

Se presenta también una cronología histórica del desarrollo del estudio de tiempos y movimientos, ya que esto nos permitirá tener una concepción más clara acerca de los orígenes y objetivos que persigue la Ingeniería Industrial.

1.2 La Ingeniería Industrial.

Como consecuencia de la revolución Industrial, las organizaciones industriales tuvieron la necesidad de adaptarse a las innovaciones tecnológicas que se presentaban cada vez más frecuentes, esto trajo como resultado que el tamaño y la complejidad de las unidades industriales manufactureras aumentara drásticamente. La producción en masa fue hecha posible a través de dos conceptos fundamentales:

- 1) La intercambiabilidad de las partes.
- 2) La especialización de la mano de obra

La primera se refiere a las ventajas de lograr la estandarización de los diferentes componentes de la manufactura de tal suerte que puedan ensamblarse las diferentes partes de cualquier lote de producción sin que esto ocasione problemas de funcionamiento en el producto final.

La especialización de la mano de obra se refiere a las ventajas que tiene para el aparato productivo destinar un operario exclusivamente para un trabajo específico, que funciona como eslabón en la cadena del proceso de manufactura.

Debido a la producción en masa, el costo unitario de los productos al consumidor se redujo en forma bastante considerable.

Durante las primeras etapas de este movimiento se reconoció que las prácticas de dirección y administración que habían funcionado bien en el pasado para pequeñas organizaciones productivas sencillamente eran inadecuadas para una organización grande y compleja. La necesidad de un mejor sistema de dirección y administración condujo al desarrollo de lo que actualmente se conoce como Ingeniería Industrial.

La Ingeniería Industrial, entonces, concierne al diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados de hombres, materiales y equipos. Se fundamenta en el conocimiento especializado y en las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos de análisis y diseño de la ingeniería, para especificar, predecir y evaluar los resultados que han de obtener de dicho sistema.

Esta definición tiene amplia aceptación y es la oficial del Instituto Americano de Ingenieros Industriales, como podrá observarse, esta definición es tan amplia como para cubrir diversas actividades de los profesionales del ramo, sin embargo, no describe actividades específicas que se deben de considerar definitivamente como partes integrantes de la Ingeniería Industrial. Estas actividades son descritas en detalle por el American Institute of Industrial Engineering como sigue¹:

- 1.- Selección de procesos y métodos de ensamble.
- 2.- Selección y diseño de herramientas y equipo.
- 3.- Diseño de instalaciones, incluyendo las distribuciones de los edificios, de las máquinas y equipo; de equipo para el manejo de materiales; de materias primas e instalaciones para el almacenamiento de productos.
- 4.- Diseño y/o mejoramiento de sistemas de planeación y control para la distribución de bienes y servicios, producción, inventarios, calidad, mantenimiento de planta e ingeniería o cualquier otra función.
- 5.- Desarrollo de sistemas de controles de costos tales como controles de presupuestos, análisis de costos y estándares de sistemas de costos.
- 6.- Desarrollo del producto.
- 7.- Diseño e instalación de sistemas de evaluación de proyectos y sistemas de análisis.
- 8.- Diseño e instalación de sistemas de información gerencial.

¹ American Institute of Industrial Engineers; Membership Qualifications Manual, sec A pg.6-7.

9.- Desarrollo e instalación de sistemas de sueldos con incentivos.

10.- Desarrollo de valuaciones de eficiencias y estándares (incluyendo medidas del trabajo y sistemas de valuaciones)

11.- Desarrollo e instalación de sistemas de valuación de puestos.

12.- Evaluaciones de rentabilidad y eficiencia.

13.- Investigación de operaciones, incluyendo herramientas tales como análisis matemáticos, sistemas de simulación, programación lineal y teoría de decisión.

14.- Diseño e instalación de sistemas procesadores de datos.

15.- Sistemas de oficinas, procedimientos y políticas.

16.- Planeación organizacional.

17.- Investigaciones sobre localizaciones de plantas que consideren mercados potenciales para la planta, materias primas, mano de obra disponible, financiamientos e impuestos.

Como podemos observar el campo de la Ingeniería Industrial es extenso, sin embargo es importante señalar que el presente trabajo estará primordialmente enfocado a aquellas áreas relativas al estudio del trabajo.

Dentro de la concepción actual de la Ingeniería Industrial el concepto de productividad sigue siendo una de las principales preocupaciones de los responsables de los aparatos productivos modernos.

La productividad se puede definir² como el rendimiento obtenido en relación a los insumos utilizados para elaborar el bien o servicio. En un sentido más específico y dentro del campo industrial, la productividad laboral es el rendimiento por hora de trabajo (unidades producidas/horas de trabajo).

La importancia de la productividad es tal, que puede afirmarse que el único camino para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad es aumentando su productividad y el instrumento fundamental que origina una mayor productividad es el estudio de tiempos y movimientos.

Otro concepto que está íntimamente ligado a la productividad es el concepto de la eficiencia. La eficiencia se define³ como la relación entre la

2 Mundel M.E.; "Measures of productivity", Industrial Engineering Magazine Vol.8 No 5 May 1977, pg 24-26.

3 Mundel M.E.; "Measures of productivity", Industrial Engineering Magazine Vol.8 no.5 May 1977, pg.24-26.

producción real y la producción estándar, esto es, las unidades producidas tomando como base los tiempos estándares.

Se puede apreciar que la eficiencia traerá consigo una mayor productividad, es por ello que ambos conceptos están íntimamente ligados, pero debe quedar claro que de ninguna manera tienen el mismo significado.

Como se mencionó anteriormente, el estudio de tiempos y movimientos es una herramienta indispensable para todo aquel que persiga la meta de una mayor productividad y una mejor eficiencia del aparato productivo.

1.3 Introducción al estudio de tiempos y movimientos.

El estudio de tiempos y movimientos es el análisis sistemático de los métodos de trabajo con el fin de:

- 1) Desarrollar el método y sistema mejor.
- 2) Estándarizar dicho método y sistema.
- 3) Determinar el tiempo necesario para que una persona calificada, y convenientemente capacitada, realice cierta tarea u operación, trabajando a marcha normal.
- 4) Ayudar al operario a adiestrarse siguiendo el mejor método.

A continuación se explica cada uno de los incisos anteriores.

1) Desarrollo del método mejor. Cada sistema productivo debe esforzarse por buscar la forma de proporcionar los bienes y servicios en la cual se aprovechen de manera íntegra los recursos (insumos) que posee.

Para el desarrollo de este método se deben de seguir los siguientes pasos:

- a) Definir el problema. Debe tenerse clara la problemática a la cual nos enfrentamos y así mismo el objetivo que se quiere lograr.
- b) Análisis del problema. Se debe racionalizar el problema, mediante la obtención de datos para determinar las especificaciones y restricciones. Se describe el método actual, si la actividad se está ya realizando.
- c) Búsqueda de las posibles soluciones. La creatividad es factor esencial en este

punto. Los principios de la economía de movimientos tienen que tenerse en mente en todo momento.

d) Valoración de las diversas soluciones posibles. Se determina la mejor solución (que no siempre es la de costo mínimo). El método que permita fabricar el producto en el menor plazo o el método que nos de la calidad óptima o el mínimo desperdicio de material.

e) Recomendaciones para la implementación. Debe prepararse un reporte escrito y se expone verbalmente. Como podemos ver, los fines de este estudio son: someter cada operación del trabajo de una pieza dada a un análisis minucioso, para eliminar toda operación innecesaria y determinar el procedimiento más rápido y mejor de realizar cada una de las operaciones que se precisen.

Es importante señalar que el estudio de tiempos y el estudio de movimientos son dos procedimientos distintos. Sin embargo, cuando se utilizan por el ingeniero se emplean casi siempre unidos entre sí, de modo que el nombre de dichos procedimientos combinados, es todavía completamente apropiado.

De acuerdo con la terminología estándar de ingeniería industrial de la ASME⁴ (Standar Industrial Engineering Terminology), el estudio de movimientos se define por:

"....el análisis de los movimientos manuales y de los ojos que se realizan en el ciclo de una operación o de un trabajo con el fin de eliminar movimientos inútiles y de establecer una mejor sucesión y coordinación de dichos movimientos."

En la misma publicación, se define el estudio de los tiempos por:

"....el procedimiento por el cual se determina el tiempo real empleado para realizar una operación, o subdivisiones o elementos de ella, por medio de un conveniente medidor y registrador del tiempo. El procedimiento comprende corrientemente, pero no siempre, el ajuste del tiempo real, que resulta en las ejecuciones clasificadas, para deducir el tiempo que se necesitará para que realice la tarea un obrero al paso normal (estándar) y siguiendo un método estandarizado bajo condiciones normales."

Se han tratado de separar las dos funciones y asignar cada una de ellas a un especialista. Aunque el estudio de movimientos trata del méto-

4 ASME Industrial Engineering Terminology, American National Standard Z-94, 1972 Vol.12 "Work measurement and methods"; ASME press, American Society of Mechanical Engineers, New York.

do y el estudio de movimientos se ocupa de éstos, en la labor práctica de su aplicación los dos son casi inseparables. El método fija el tiempo necesario, y éste determina cuál de los dos o más métodos es el mejor.

2) Estandarización de las operaciones. Una vez concebido el mejor método de hacer un determinado trabajo, se debe proceder a su estandarización. El trabajo debe descomponerse en operaciones o tareas específicas, que se describen detalladamente, especificando el conjunto de movimientos especiales, el tamaño, forma y calidad del material, las herramientas, plantillas, dispositivos de fijación, calibres y máquinas o instalaciones. La forma más usual de mantener estos estándares es una hoja de instrucciones estandarizadas en la que se registren detalladamente la operación y las especificaciones para ejecutar el trabajo.

Puede decirse que la estandarización de las tareas consiste en determinar la mejor manera de ejecutar un trabajo con los medios de que se dispone, en registrar el método exacto en una tarjeta de instrucciones y en establecer los medios para mantener las condiciones estándares.

3) Determinación del tiempo estándar. Cuando se haya hecho el método tan eficiente que se justifique económicamente y cuando se haya realizado su estandarización, la tarea queda preparada para el estudio de tiempos. El encargado de este estudio puede hacerlo con cualquier operario que lo desee, siempre que éste emplee el método aprobado.

El estudio de tiempos puede definirse⁵ como un análisis científico minucioso de los métodos y los aparatos utilizados o planeados para realizar un trabajo, el desarrollo de los detalles prácticos de la mejor manera de hacerlo y la determinación del tiempo necesario. Este estudio debe utilizarse para determinar el número de minutos estándar que debe tardar una persona calificada, convenientemente adiestrada y experimentada, en ejecutar una determinada operación o tarea, cuando trabaja a un ritmo normal.

Aún cuando para establecer tiempos estándar se emplean ampliamente los tiempos elementales, los tiempos predeterminados y el muestreo del trabajo, el método más común para medir un trabajo manual quizá sea el estudio de tiempos con crónome-

5 Barnes, Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work", 7th edition. John Wiley & Sons pp 6-7 New York.

tro. La operación que se ha de estudiar se divide en elementos pequeños y cada uno de ellos se cronometra con exactitud. Para cada uno de dichos elementos se encuentra un valor de tiempo representativo o seleccionado, y se suman todos estos valores a fin de obtener el tiempo total elegido para ejecutar la operación. El observador del estudio de tiempos valora la velocidad desarrollada por el operario durante el estudio y luego corrige el tiempo elegido mediante este factor de valoración, a fin de que un operario calificado, trabajando a ritmo normal, pueda hacer el trabajo con facilidad en el tiempo especificado. A este tiempo corregido se le conoce con el nombre de tiempo estándar, al cual se le añaden suplementos por necesidades personales, fatiga y esperas, cuya suma total es el tiempo tipo del trabajo.

4) Adiestramiento del operario. Hay que enseñar al operario o a los operarios a seguir el método aprobado. Siempre es importante entrenar al operario para que se consiga de él una razonable producción, pero su entrenamiento o instrucción es absolutamente necesario cuando los métodos se han deducido por el estudio de movimientos. Es evidente que no se puede esperar que los operarios descubran por sí mismos el método que el encargado del estudio de tiempos y movimientos desarrolló como resultado de horas de estudio concentrado. Por tanto, ha de entrenárseles cuidadosamente si ha de esperarse que alcancen la producción estándar. Además, no puede hacerse bien un estudio exacto de los tiempos hasta que el operario siga el método aprobado con razonable habilidad.

Donde hay solo una o muy pocas personas dedicadas a realizar una operación y el trabajo es relativamente sencillo, es costumbre adiestrar al operario en el propio lugar de trabajo. Como profesor puede actuar el supervisor, el analista del estudio de movimientos y tiempos, un instructor especial o un operario hábil. En la mayor parte de los casos el responsable de la enseñanza del operario es el supervisor, quién depende frecuentemente del departamento de métodos y normas y de él recibe la colaboración que necesite en esta tarea. El encargado tiene una ayuda valiosa para estos menesteres en las hojas de instrucciones estandarizadas u hojas de descomposición de elementos. Cuando se ha de preparar a un número grande de empleados para una sola operación, el adiestramiento se realiza a veces en un departamento de aprendizaje separado. En estos programas de aprendizaje se utilizan con gran éxito diagramas, demostraciones y películas.

A manera de resumen para el presente inciso, diremos que los objetivos que persigue el estudio de tiempos y movimientos son: someter cada operación del trabajo de una pieza dada a un análisis minucioso, para eliminar toda operación innecesaria y determinar el procedimiento más rápido y mejor de realizar cada una de las operaciones que se precisen; estandarizar además el equipo, los métodos y las condiciones de trabajo; luego y no hasta después, determinar por medio de mediciones científicas el número de horas estándar en que puede ejecutarse la tarea un obrero medio.

El encargado del estudio de tiempos analiza en principio el mejor procedimiento para hacer una labor, un procedimiento que conduzca a la calidad necesaria al mínimo costo. Luego establece, por medio del estudio de tiempos, el tiempo que le llevará a un operario normalmente calificado la ejecución de la tarea; el estudio de los tiempos es una herramienta que se basa en mediciones de precisión. Por medio de él se determina el tiempo empleado por el trabajador que se examina para ejecutar el trabajo de una pieza dada, utilizando el método o procedimiento que se utilizó cuando se hizo el estudio. Estos datos no pueden usarse para establecer exactamente el tiempo para hacer la misma tarea por un método que difiera del que se está estudiando, de la misma manera que para determinar el de otro de distinto tamaño. Por consiguiente, cuando se haga el estudio de tiempo, ha de estar en uso el método apropiado para realizar una tarea. El no tener esto en cuenta es la causa de la mayoría de los estándares inexactos que se encuentran.

1.4 Historia y Desarrollo de la Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial, tal como la concebimos el día de hoy, es el producto de una evolución racional emprendida por ilustres pensadores que en las pasadas dos centurias buscaron hacer el proceso productivo del hombre más simple e involucrando menos trabajo y mayor producción, o sea, una mayor eficiencia. Es indiscutible que las raíces de la Ingeniería Industrial se encuentran en la llamada Revolución Industrial, que tuvo sus comienzos en los siglos XVIII y XIX, como consecuencia de las invenciones de muchos dispositivos industriales, como la máquina de vapor, de mejores máquinas para la industria textil, y de maquinaria pesada para la industria metal-mecánica.

El primer hombre que detectó la necesidad de aplicar criterios racionales y científicos en

los procesos productivos fue el connotado economista británico Adam Smith. Es necesario señalar que con anterioridad a sus trabajos existieron esfuerzos aislados o de poca difusión de gente como el francés Perronet, quien en 1760 estableció estándares para la fabricación de alfileres, sin embargo, este tipo de trabajos fueron de poca difusión y por tanto de escasa trascendencia.

En el año de 1776 Adam Smith publicó su libro "Wealth of Nations", en el cual habla acerca del principio de división de labores, el cual establece la conveniencia de asignar una sola tarea a cada trabajador, en caso de no ser esto posible, deberá asignársele el menor número posible de tareas. Este principio conduce a tres ventajas en materia económica:

1) Se desarrollará una habilidad en el operario al realizar su trabajo en forma repetitiva.

2) Un ahorro de tiempo que normalmente se perdería al cambiar de una actividad a otra.

3) El desarrollo de una capacidad de invención de herramientas laborales, puesto que el obrero conoce a la perfección su trabajo.

Estas ideas pueden parecer obvias para el pensamiento contemporáneo, sin embargo, en la época en que escribe Smith, estas ideas eran totalmente revolucionarias.

Con el surgimiento de las grandes factorías comienza la administración y el pensamiento administrativo. Sir Richard Arkwright, connotado inventor del ramo textil, desarrollo e implementó un exitoso código de disciplina laboral.

Matthew Boulton y su socio, James Watt Jr., fueron prósperos administradores de una empresa a fines del siglo XVIII. Ellos fueron los pioneros de muchas innovaciones en la manufactura y desarrollaron un sistema de contabilidad y de control bastante avanzado.

Charles Babbage es reconocido por el desarrollo de una máquina calculadora y por su gran obra "The Economy of Machinery and Manufactures", y varios otros análisis sobre las operaciones de manufactura.

Las actividades de estos individuos fueron llevadas a cabo en Inglaterra de manera independiente entre si y sin la intención de formar un cuerpo formal de conocimiento sobre la administración. Tocaría a posteriores precursores darle forma y consistencia a la ciencia de la Administración Científica.

ó Boulton, Matthew; "A work on compensation administration", Oxford Press. 1901. 130 pg.

Las bases de lo que llegaría a ser el área de la Ingeniería Industrial, fueron puestas por algunos ilustres estudiosos, principalmente norteamericanos en las últimas décadas del siglo XIX.

Es indiscutible el papel preponderante del hombre a quién se le ha llamado el padre de la administración científica y de la Ingeniería Industrial: Frederick W. Taylor (1856-1915).

Taylor era ingeniero mecánico, quien, en los comienzos de su carrera en la industria del acero, inició investigaciones acerca de mejoras en los métodos de trabajo y sus investigaciones lo llevaron a ser el primer individuo que desarrolló una teoría integral de principios de administración y metodologías analogas.

Como supervisor, Taylor se interesó en problemas relativos a la búsqueda de una mejor manera de realizar las cosas, así como en la forma de cuantificar el trabajo óptimo de un día. Taylor quería que los hombres a sus órdenes realizaran durante la jornada una producción aceptable y se impuso a sí mismo la tarea de encontrar el método adecuado para hacer el trabajo, enseñar al trabajador la forma de realizarlo y mantener en torno al trabajador las condiciones apropiadas para ello, fijar un tiempo estándar para llevar a cabo dicho trabajo y, por último, pagar al obrero un premio en forma de salario extraordinario si éste hacía el trabajo especificado.

Uno de los experimentos más sobresalientes de Taylor fue aquel concerniente a la sencilla operación de cargar lingotes de hierro, desde el almacén hasta el vehículo de transporte de producto terminado. Es difícil concebir un ejemplo más elemental de esfuerzo puramente físico, sin embargo, después de observar detenidamente a ciertos trabajadores acarreado los lingotes, Taylor llegó a la conclusión de que no lo estaban haciendo de la mejor manera. Intuyó que estaban haciendo los movimientos incorrectos y que trabajaban muy duro y por mucho tiempo, con la lógica consecuencia de una fatiga excesiva y una necesidad de largos periodos de descanso. Estaba seguro que el trabajo sería menos cansado si los trabajadores lo hicieran diferente y tomaran frecuentes, pero cortos períodos de descanso.

Los trabajadores ganaban un promedio de 1.15 dólares al día cargando un promedio de 12.5 toneladas de mineral de hierro por hombre al día. A un trabajador se le ofreció la oportunidad de ganar más dinero si siguiese las indicaciones acerca de la manera en que debería levantar, acarrear y tirar el mineral, tomando descansos frecuentes, pero pe-

queños. Los resultados obtenidos fueron asombrosos, como se indica en la siguiente tabla:

	Antes de la prueba.	Después de la prueba
Cantidad diaria acarreada por el trabajador:	12.5 ton	47.5 ton
Salario diario del trabajador:	1.15 dls.	1.85 dls
Costo de mano de obra/ton:	9.2 cent.	3.9 cent

El trabajador siguiendo las indicaciones de Taylor, pudo acarrear 47.5 tons. en un día ganando 1.85 dólares diarios.

Experimentos como éstos fueron pioneros en la ciencia moderna del análisis de la operación. Los métodos que Taylor utilizó fueron científicos debido a la acumulación de datos, estudios analíticos y derivación de principios.

Taylor postuló cuatro principios fundamentales que siguen teniendo vigencia hoy en día. Estos principios conciernen a la gerencia y sus obligaciones. A continuación se enuncian⁷:

1.- Se debe pugnar por el desarrollo de una ciencia que pueda aplicarse a cada elemento del trabajo humano para reemplazar los viejos métodos rutinarios.

2.- Se debe seleccionar el mejor trabajador para cada tarea, pasando a continuación a enseñarle, entrenarlo y formarlo, en vez de la antigua costumbre de dejarle seleccionar su labor y formarse a sí mismo como mejor pudiera.

3.- Se debe crear un espíritu de profunda cooperación entre la dirección y los trabajadores, con objeto de que las actividades se desarrollen de acuerdo con la ciencia perfeccionada.

4.- La división del trabajo casi en iguales circunstancias entre la dirección y los trabajadores, debiendo cada departamento encargarse de la tarea para la cual este mejor preparado, sustituyendo de esta forma las antiguas condiciones, en las cuales casi todo el trabajo y la mayor parte de las responsabilidades recaían sobre los operarios.

Mientras Taylor trabajó en la compañía acerera de Bethlehem, efectuó muchas mejoras en métodos de taller y estandarizaciones de trabajos.

Posteriormente, Henry L. Gantt, de quien hablaremos posteriormente, se asoció con él y trabajaron juntos en el establecimiento de estándares para to-

7 Taylor, F.W; "The principles of scientific management", Harper & Brothers, New York, 1911, 144 pg.

dos los trabajos de producción. Carl Barth, trabajando para Taylor, perfeccionó su herramienta para el corte de metal. Taylor y Manusel White, descubrieron el acero de alta velocidad para herramientas.

Uno de los conceptos organizacionales de Taylor fue el de la supervisión racionalizada. Concebía el trabajo de los supervisores como compuesto de ocho funciones principales, cada una de las cuales podría ser asignada a un supervisor especializado, quién se concentraría en dicha función. Cada trabajador tendría entonces, ocho jefes especializados. Aunque esta teoría es intrínsecamente válida, este concepto no ha sido ampliamente aceptado.

Taylor era un hombre de fuertes convicciones, y diferencias personales con la gerencia de la compañía acerera Bethlehem lo orillaron a presentar su renuncia en el año de 1901, a partir de entonces, y hasta el día de su muerte, Taylor se convirtió en consultor gerencial, avocándose principalmente a resolver problemas industriales y de negocios mediante métodos científicos. También se reveló como un prolífico escritor y un excelente conferencista. El estudió la organización de las empresas, sistemas de pagos de salarios y muchos otros aspectos de la administración. Su último libro, "The Principles of Scientific Management", fue el primer intento de delinear una filosofía integral de la administración. Taylor fue el primero en ver la interconexión entre los varios elementos de la administración e intentó envolverlos en concepto unificado. Su fórmula para la máxima producción incluye tres elementos: a) una tarea definida, b) un tiempo definido y; c) un método definido.

Esta fórmula es una de las piedras angulares de la Ingeniería Industrial. Uno de sus conceptos clave era que la gerencia y los trabajadores deberían tener un interés solidario en el éxito de la compañía.

Puede resumirse la invaluable contribución de Taylor a la Ingeniería como sigue:

1.- Estándares de trabajo científicamente determinados.

2.- Sistema diferencial de salarios.

3.- Supervisión funcional.

4.- La "revolución mental", que Taylor describió como la condición necesaria para el establecimiento de la administración científica.

Por supuesto, esta simple lista no puede representar el amplio campo de aportaciones particulares del genio de Taylor.

Mientras tanto, Henry L. Gantt, quién como mencionamos anteriormente fue en algún tiempo socio

de Taylor, desarrollaba sus propias teorías paralelamente a Taylor. De acuerdo con el pensamiento de Gantt, trabajadores preparados no serían suficientes si la gerencia no dirigía adecuadamente. Estaba convencido que los negocios deben producir servicios primordialmente, con recompensa, puesto que "recompensa de acuerdo a los servicios prestados, es el único fundamento bajo el cual nuestro sistema industrial y financiero podrán subsistir permanentemente".

Gantt estaba muy interesado en el nuevo tipo de gerencia aplicada integralmente a todos los aspectos del negocio. Ponia grandes responsabilidades en la gerencia y ponía especial atención en los principios de entrenamiento, ayuda y conducción de la gente, en lugar de simplemente ordenarle y manejarla.

Dentro de sus contribuciones más grandes a la Ingeniería Industrial, podemos mencionar:

1.- El inicio del concepto de una tarea y un sistema de bono, basado en la noción de que una recompensa por un buen trabajo significaría más en un largo plazo que un castigo por un trabajo pobre.

2.- Una gran consideración por el elemento humano, dándole a éste una importancia suprema, mucho más de la que le otorgaban los administradores en la época de Gantt. Percibió el peso del elemento humano en la productividad y se acercó al concepto de la motivación tal como lo conocemos hoy.

3.- El detectar la necesidad de que la gerencia proporcione capacitación idónea a los trabajadores.

4.- El hecho de haber reconocido la responsabilidad social de la industria y de los negocios en general. Desarrolló un concepto que visualizó los problemas industriales como problemas nacionales.

5.- El desarrollo de métodos de medición efectiva del desempeño del factor humano, desde un obrero hasta el gerente, por medio de la técnica del diagrama de Gantt, que fue desarrollada por él mientras trabajaba en el departamento de artillería durante la primera guerra mundial. Los datos que arroja un diagrama de Gantt adecuadamente formulado son claros y las responsabilidades por trabajos buenos o malos son proporcionados con baja posibilidad de error. En el capítulo 3 del presente trabajo se estudiarán con detalle este tipo de diagramas. Con estos diagramas se puede lograr que el control de las empresas cambie de manos ineficien-

B Gantt, Henry L; "Work, wages and profits". Engineering Management Co. New York, 1913.

tes a manos fuertes. Esto de alguna forma refleja la filosofía de Gantt, quién era hostil a cualquier sistema que encubriera la incompetencia de la gerencia.

6.- Una serie de escritos extensivos sobre conceptos administrativos, que incluyen tres libros: Industrial Leadership; Work, Wages and Profits; and Organizing for Work.

Gantt estuvo sumamente influenciado por Taylor, sin embargo, éste enfocó su estudio en el análisis y organización del trabajo para resolver los problemas, mientras que Gantt prestó gran atención al aspecto humanístico y la gente fue su principal preocupación.

Pese a que tanto Taylor como Gantt lograron establecer métodos científicos en materia de estudios de tiempos, tocaría al extraordinario equipo de esposos Frank Bunker Gilbreth (1868-1924) y Lillian Moller Gilbreth, ser los fundadores del estudio de movimientos.

El estudio de movimientos se puede definir⁹ como el estudio de los movimientos del cuerpo humano que se utilizan para ejecutar una operación laboral determinada, con la mira de mejorar éste, eliminando los movimientos innecesarios y simplificando los necesarios, estableciendo a continuación una secuela o sucesión de movimientos más favorables para lograr una eficiencia máxima.

Hábilmente auxiliado por su esposa, Gilbreth desarrolló métodos y principios para el estudio de movimientos. Estaba en la búsqueda del mejor método.

Un ejemplo típico de la forma de trabajar de Gilbreth es su famoso experimento sobre el tendido de ladrillos en la industria de la construcción¹⁰.

El método que se utilizaba antes de sus estudios era un desperdicio de habilidad y esfuerzo. Gilbreth puso en práctica sus conocimientos y fue capaz de aumentar la productividad por hombre-hora de 120 ladrillos a 360. Esto lo logró al eliminar movimientos innecesarios, con una completa utilización de ambas manos, y con la introducción de ayudantes a bajo costo. Gilbreth inventó un andamio que podía elevarse rápida y sencillamente a una altura pequeña en cualquier momento, lo que le permitía al operario mantenerlo siempre en el nivel

9 Gilbreth F.B.; "Motion Study", D. Van Nostrand Co. Princeton N.J. 1911, 116 pg.

10 Gilbreth, F.B.; "Bricklaying system", Myron C. Clark Publishing Co. Chicago 1909, 321 pg.

más conveniente. Este andamio estaba equipado con un banco o bandeja que sostenía los ladrillos y el mortero a una altura adecuada, a fin de evitar que el albañil realice la fatigosa e innecesaria tarea de doblar el cuerpo para coger un ladrillo del andamio cada vez que tenía que colocarlo en la pared.

Gilbreth posteriormente adoptó otra herramienta de investigación: la cámara cinematográfica. Los estudios de movimientos eran dependientes del cronómetro y de la capacidad del observador para percibir, medir y anotar los diferentes pasos en una operación de trabajo. La cámara cinematográfica detecta detalles de los movimientos muy rápidos para el ojo humano y produce un testimonio permanente que puede ser estudiado en cámara lenta o cuadro por cuadro.

Como resultado de sus estudios, los Gilbreths detectaron los elementos básicos comunes a todas las operaciones de trabajo humano y a estos elementos se les denominó "therbligs" (Gilbreth al revés, sólo que la th se traspone).

Los Gilbreths fueron paralelos a Gantt en su interés en el ser humano y en el esfuerzo humano, aplicando a este interés su enorme capacidad para organizar detalles.

Ellos exploraron muchas otras áreas nuevas de la dirección de empresas. Una característica común de su pensamiento fue en enfatizar en el hecho de que el empleado es un individuo, cuya productividad depende en gran parte de las actitudes, oportunidades y entorno físico, así como del uso de los métodos correctos y del equipo idóneo.

Pero esta reseña de los principales precursores de la Ingeniería Industrial estaría incompleta si pasamos por alto la labor de Harrington Emerson, quien desarrolló sus conceptos administrativos simultáneamente con Taylor, Gantt y los Gilbreths. El aplicó sus conceptos mientras trabajaba para la compañía ferroviaria Santa Fe a principios de siglo.

Entre sus principales contribuciones se encuentra el Plan Emerson de incentivo a la eficiencia, un plan que garantiza el sueldo base de un día y paga un bono diferencial. En uno de sus libros, "The Twelve Principles of Efficiency"¹¹, define la esencia de una organización exitosa. Los doce principios de Emerson son los siguientes:

- 1.- Ideales claramente definidos.
- 2.- Sentido común.
- 3.- Personal competente.

¹¹ Emerson H.; "The twelve principles of efficiency", 5th ed. Engineering Management Co., New York 1917, 423 pg.

- 4.- Disciplina.
- 5.- Tratos justos.
- 6.- Información confiable, inmediata y adecuada.
- 7.- Atenciones.
- 8.- Estándares y horarios.
- 9.- Condiciones estandarizadas.
- 10.- Operaciones estandarizadas.
- 11.- Instrucciones de practicas estandarizadas por escrito
- 12.- Recompensa a la eficiencia.

Emerson fue un gran exponente del tipo de organización en línea por brigadas.

Existieron, por supuesto, otros individuos que hicieron grandes contribuciones al desarrollo de la administración científica y la ingeniería industrial. Sería muy difícil, y hasta quizá imposible, tratar de listarlos a todos ellos. Pero muchos merecen una mención especial debido a sus contribuciones especiales. A continuación mencionaremos algunos de ellos.

Morris L. Cooke contribuyó con la aplicación de los principios de Taylor, él trabajó como director del departamento de obras públicas de la ciudad de Filadelfia, en los Estados Unidos y utilizó el concepto de Taylor de la organización funcional. Aplicó las teorías de Taylor y Gilbreth en especificaciones estandarizadas para contratos y de productividad en muchas de las fases de la administración del gobierno de la ciudad. Su mayor contribución fue la aplicación del pensamiento de administración científica al área de operaciones gubernamentales. Sus críticas sobre el funcionamiento de las sociedades de ingenieros condujeron a cambios que llevaron a una ampliación dramática de los campos de la ingeniería, así como al aumento de miembros de las sociedades, con la consecuente mejora de la imagen pública de la ingeniería.

Independientemente, pero al mismo tiempo, Henry Fayol, un ingeniero y administrador minero, de nacionalidad francesa, realizó grandes contribuciones en el campo de la gerencia¹² del más alto nivel administrativo. Su libro "Administration Industrielle et Generale", describe su pensamiento filosófico. Fayol dividió los negocios y las operaciones industriales en seis grandes grupos :

- 1) técnico,
- 2) comercial,
- 3) financiero,
- 4) de seguros,

¹² Fayol, Henry; "Administration Industrielle et Generale", International Management Institute, Geneva, 1925.

- 5) contabilidad y;
- 6) administrativo.

Fayol recalcó que estos grupos eran independientes entre sí y que el trabajo de la gerencia es el asegurar la armonía y coexistencia entre estos seis grupos. El reconoció que debería existir una sola cabeza para una empresa y que cada individuo en la organización debería de depender de solo un superior. Su trabajo en la definición de principio y elementos de la administración es bien conocida y generalmente aceptada.

Esta lista de pioneros de la ingeniería industrial no estaría completa si pasáramos por alto a Walter A. Shewhart. Shewhart era un joven físico de los laboratorios de la compañía telefónica Bell. Desarrolló el diagrama de control estadístico en el año de 1924.

Mientras trataba de solucionar un problema que se complicaba por la presencia de variaciones aleatorias, cayó en la cuenta que el problema era de naturaleza estadística. Algunas de las variaciones observadas en la operación eran inherentes al proceso e ineludibles a él. Pero de vez en cuando existían variaciones que no podían ser explicadas satisfactoriamente. Entonces llegó a la conclusión de que sería deseable o posible poner límites a la variación natural en cualquier proceso, de tal suerte que las fluctuaciones dentro de dichos límites pudiesen ser fácilmente explicables por causas probabilísticas¹³.

Desarrolló unos diagramas para la medición y el control de variables, así como el concepto de subgrupo racional y su uso. Determinó que éste concepto es más efectivo si se deja que el proceso establezca los límites naturales de variabilidad.

En 1931, Shewhart produjo su gran texto "Economic Control of Quality of Manufactured Product", en el cual el tópico de control de la calidad es expuesto, incluyendo la teoría, filosofía y el aspecto económico del mismo. El campo de control de calidad industrial toma su nombre de esta obra y los diagramas de control son frecuentemente llamados diagramas de control Shewhart.

Por último mencionaremos a L. H. C. Tippett, quién describió un método estadístico que él había desarrollado en la industria textil inglesa para medir al operario y a los retrasos de maquinaria, alrededor del año 1934.

Tippett llamó a su método "relación de demora", siendo particularmente efectivo éste para

13 Shewhart, Walter Amos; "Economic control of quality of manufactured product". Reston Publishing Co., Reston Va. 1931

determinar las causas de los paros en los talleres de las fábricas de textiles que él estaba estudiando¹⁴.

Para Tippet resultó evidente que un sólo vistazo hacia el estado que guardaban los telares en cualquier instante, era de alguna manera una indicación de la tasa de producción en un intervalo pequeño alrededor de ese instante.

Posteriores estudios le llevaron a desarrollar sus estudios de relación de demora. El nombre actual de esta técnica es muestreo de trabajo. Tippet, un matemático y estadístico sobresaliente, tiene una larga lista de artículos y publicaciones en la materia por él creada.

1.5 Tendencias actuales de la Ingeniería Industrial

Como hemos visto, la Ingeniería Industrial se ha perfeccionado continuamente, desde su concepción a finales del siglo pasado, y en nuestros días se le reconoce como un medio o instrumento necesario para el funcionamiento eficaz de los negocios o la industria.

Una era altamente significativa en el desarrollo de la ingeniería industrial comenzó después de la segunda guerra mundial. Un gran número de nuevas actividades aparecieron, y la aplicación de principios y técnicas se fue ampliando. El alto ritmo de desarrollo tecnológico requirió un mayor uso de la ingeniería industrial en muchos campos, lo que trajo como resultado una demanda sin precedente de gente con entrenamiento en esta disciplina.

En la actualidad existen siete actividades y técnicas que son las que tienen más trascendencia en el contexto del mundo contemporáneo. A continuación se procede a explicar y enlistar cada una de ellas¹⁵:

1.- El estudio de tiempos y movimientos. El estudio de tiempos y movimientos sigue conservando su papel principal dentro de la ingeniería industrial. Desde su concepción por los pioneros de la materia hasta el día de hoy, sigue siendo la mejor forma de lograr una mayor eficiencia en los aparatos productivos.

¹⁴ Tippet L.H.C.; "Technological applications of statistics", John Wiley & Sons, New York, 1950. 148pg.

¹⁵ Maynard H.B. (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook", Secc.1, ch1. "The history and development of Industrial Engineering" by Ross W.Hammond. McGraw-Hill Book Co. New York.

Sin embargo, en la época actual pueden detectarse algunos cambios conceptuales en el enfoque que debe darse al estudio de tiempos y movimientos.

El profesional del estudio de tiempos y movimientos se ha percatado de la necesidad de tener en cuenta el elemento humano en su trabajo.

Actualmente, mediante pruebas y la instrucción del personal, se considera un hecho que los individuos difieren en potencialidad de trabajo.

El analista actual reconoce que los trabajadores se resisten, y con razón, a ser tratados como máquinas. Todo operario siente aversión y temor hacia un enfoque puramente científico de los métodos, la medición del trabajo y los incentivos. Inherentemente le disgusta cualquier cambio en su actual forma de laborar. Esta reacción psicológica no sólo la tienen los obreros o trabajadores de fábricas, sino que es una reacción normal de toda la gente.

Aún ahora, la mayor parte de los organismos sindicales se opone al establecimiento de estándares por mediciones de trabajo, a la implantación de tasas básicas por hora para la evaluación del trabajo, y la aplicación de sistema de incentivos. Es creencia común en estos sindicatos que el tiempo asignado a la realización de una tarea y la remuneración que se debe pagar a un obrero, son puntos a resolver por acuerdos colectivos de negociación.

El técnico en el estudio de tiempos y movimientos en la actualidad debe aplicar un enfoque en términos humanitarios. Debe tener amplios conocimientos del estudio de la conducta humana y ser perito en el arte de la comunicación. Siempre debe saber escuchar, indicando que respeta las ideas y opiniones de otros, particularmente del operario en cuestión. Debe dar crédito a quienes lo ameriten y, en realidad, tiene que adquirir el hábito de dar crédito a la "otra persona", aún cuando dude si lo merece efectivamente.

Independientemente de sus aptitudes y conocimientos técnicos, alcanzará poco éxito en los trabajos de estudio de tiempos y movimientos si no es capaz de tratar adecuadamente al elemento humano.

La industria, los negocios y el gobierno convienen en que la potencialidad bien encauzada para acrecentar la productividad es la mejor medida para afrontar la inflación. Y la clave principal para aumentar la productividad es una aplicación continua de los principios de los métodos, estándares y salarios. Solo de este modo puede lograrse un mayor rendimiento de hombres y máquinas.

Para adaptarse a los costos ascendentes de mano de obra y a la competencia proveniente del exterior, se tiene que obtener más de los elementos productivos, hombres y máquinas. Es seguro que continúe la cada vez más amplia aplicación de los métodos, estándares y sistemas de salarios a todas las combinaciones de personas, materiales y máquinas.

2.- La Ingeniería Industrial y la computadora. El desarrollo de la primera computadora electrónica digital (ENIAC) en 1946, dio lugar a una nueva era de sofisticadas y veloces operaciones de cálculo y almacenamiento de información.

Los ingenieros industriales están relacionados con la computadora de muchas formas. Les concierne el diseño de las instalaciones computacionales desde el punto de vista gerencial, para hacer el uso correcto de la información obtenida en el proceso de la toma de decisiones, los ingenieros industriales usan la computadora para resolver problemas complicados en la industria, como los que involucran el uso de técnicas de programación. La computadora puede ser utilizada para simular por medio de un modelo las condiciones de la industria o negocio, o bien, para la capacitación del personal.

Los ingenieros industriales también han estado activos en el diseño e instalación de computadoras para el propósito de controlar y operar procesos de flujo continuo.

3.- El desarrollo de sistemas de análisis y diseño. En el área de procedimientos para la planeación y control, mucha atención se le está prestando a todos los tipos de sistemas de análisis y diseño. Esto se basa en el hecho de que las actividades industriales están compuestas de sistemas de actividades, que a su vez están conformadas por sub-sistemas. Entonces, es necesario estudiar el sistema o sub-sistemas para aliviar o eliminar los problemas y proveer una estructura corporativa y un mecanismo que optimice las operaciones.

4.- La aplicación de herramientas matemáticas y estadísticas. Cada vez es más reconocido el hecho de que las altas técnicas matemáticas pueden ser aplicadas exitosamente para la solución de problemas industriales y de negocios.

La teoría estadística ha sido aplicada a muchos problemas. El control estadístico de la calidad es un factor extremadamente importante en muchas de las operaciones ingenieriles. Directamente relacionado a ésta área se encuentra el control de

seguridad, que tiene gran importancia en las aeronaves militares y programas espaciales, aunque no restringidas a éstos. Ambos campos utilizan la teoría de la probabilidad, parámetros probabilísticos, funciones de densidad y funciones de distribución.

Los métodos estadísticos prácticos de la probabilidad como muestreos, variabilidades, regresiones y correlaciones, forman ya parte del equipo de herramientas del ingeniero industrial. La teoría de colas o líneas de espera ha sido utilizada para el diseño de instalaciones, donde los problemas de líneas de espera han tenido que ser resueltos.

La programación matemática ha sido ampliamente aplicada a la solución de complejos problemas industriales, donde las variables pueden ser identificadas y colocadas en ecuaciones factibles de resolverse por medio del álgebra de matrices.

La programación lineal, que se basa en los trabajos de von Neumann en 1928, Hitchcock en 1941, Stigler en 1945, y de Koopmans en 1948. Sin embargo, fue un departamento del grupo de la fuerza aérea, comandado por George B. Dantzig, Marshall Wood y sus asociados en 1947 los que unificaron la teoría y aplicaciones, mientras desarrollaban el famoso método simplex.

Los sistemas de simulación, también forman parte del campo de la ingeniería industrial contemporánea. Se han usado sistemas de simulación en procesos industriales, administración de hospitales, problemas de transportación pública y varios otros problemas de naturaleza compleja.

5.- Técnicas de planeación de redes y sus aplicaciones. Otra técnica que tiene amplio uso es la llamada teoría de redes, que fue desarrollada originalmente en un programa de misiles tipo Polaris de la armada norteamericana. Un equipo de personas, comandada por Donald Malcom, desarrollaron la técnica de tiempos de entrega y secuencias de operaciones, ahora llamado PERT.

6.- Ingeniería de valuación. La ingeniería de valuación, como una técnica reconocida, fue otro producto de la segunda guerra mundial. Y puede definirse como un enfoque sistemático y creativo, para asegurar que la función esencial de un producto, proceso o procedimiento administrativo sea proporcionada al costo mínimo posible. Aunque ninguna de las tres fases es nueva para el ingeniero, el enfoque sistemático empleado en la ingeniería de valuación ha llevado a muchas mejoras en materia de costos para la industria.

7.- Ciencias de la conducta y factores humanos. El hecho de trabajar con sistemas integrados de hombres, materiales y equipo ha diferenciado al ingeniero industrial de los otros campos de la ingeniería. La inclusión del factor "hombres", hace que el ingeniero industrial deba tener una concepción humanística de su profesión.

La consideración de las ciencias de la conducta comenzó con las apreciaciones de Gantt sobre las motivaciones del trabajador y con el interés de los Gilbreths en el trabajador como un ser humano y en el campo de la psicología aplicada. Walter D.Scott, Hugo Munsterberh y Anne Shaw, fueron los pioneros en la psicología industrial. Muchos estudios psicológicos y motivacionales se han hecho desde entonces. Estos trabajos han sido aplicados a varios campos de la ingeniería industrial, particularmente en las situaciones en que el ingeniero industrial debe estar en contacto estrecho con los trabajadores de las factorías.

1.6 Conclusión.

Existe una creciente tendencia al involucramiento del ingeniero industrial en otras áreas diferentes a la industria misma. Son innumerables las aplicaciones no-industriales como ventas, distribución, bancos, fiananzas, aseguradoras, de servicios y actividades gubernamentales. Se puede encontrar ingenieros industriales en todas las compañías grandes y en muchas empresas medianas y pequeñas.

No hay duda que esta tendencia persistirá y que la función del ingeniero industrial crecerá en tamaño y en responsabilidad, y que mucho personal en las compañías traerá como consecuencia la mayor especialización de las gentes.

Los principios y las metodologías de la ingeniería industrial están siendo aplicadas en gran medida para la solución de problemas que rodean al hombre, ya sean sociales, económicos o políticos, además de la noción del ingeniero industrial acerca del trabajador y sus requerimientos motivacionales. El reto para todo ingeniero industrial es aprender a aplicar sus habilidades y conocimientos para la solución de problemas en sus respectivos campos de acción, tanto como lo hicieron los pioneros de la ingeniería industrial en los campos tradicionales de la industria.

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

CAPITULO 1

"INTRODUCCION A LA INGENIERIA INDUSTRIAL"

- 1 American Institute of Industrial Engineers; Membership Qualifications Manual, sec A.
- 2 Mundel M.E.; "Measures of productivity", Industrial Engineering Magazine Vol.8 No 5 May 1977.
- 3 ASME Industrial Engineering Terminology, American National Standard Z-94, 1972 Vol.12 "Work measurement and methods"; ASME press, American Society of Mechanical Engineers, New York.
- 4 Barnes, Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work", 7th edition. John Wiley & Sons pp 6-7 New York.
- 5 Boulton, Matthew; "A work on compensation administration", Oxford Press. 1901. 130 pg.
- 6 Taylor, F.W; "The principles of scientific management", Harper & Brothers, New York, 1911, 144 pg.
- 7 Gantt, Henry L; "Work, wages and profits". Engineering Management Co. New York, 1913.
- 8 Gilbreth F.B.; "Motion Study", D.Van Nostrand Co. Princeton N.J. 1911, 116 pg.
- 9 Gilbreth, F.B.; "Bricklaying system", Myron C. Clark Publishing Co. Chicago 1909, 321 pg.
- 10 Emerson H.; "The twelve principles of efficiency", 5th ed. Engineering Management Co., New York 1917, 423 pg.
- 11 Fayol, Henry; "Administration Industrielle et Generale", International Management Institute, Geneva, 1925.
- 12 Shewhart, Walter Amos; "Economic control of quality of manufactured product". Reston Publishing Co., Reston Va.1931
- 13 Tippet L.H.C.; "Technological applications of statistics", John Wiley & Sons, New York, 1950. 148 pg.

14 Maynard H.B. (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook", Secc.1, chl. "The history and development of Industrial Engineering" by Ross W. Hammond. McGraw-Hill Book Co. New York.

C A P I T U L O 2

"MEDICION DE TIEMPOS"

2.1	Introducción	24
2.2	Equipos para el estudio de tiempos	27
2.3	Realización del estudio de tiempos	32
2.4	Toma de tiempos	37
2.5	Calificación del operario	43
2.6	Márgenes y tolerancias de tiempos.	54
2.7	El tiempo estándar	61
2.8	Conclusiones	63
	Bibliografía	65

C A P I T U L O 2

"MEDICION DE TIEMPOS"

2.1 Introducción.

A continuación se procederá a exponer los fundamentos de la medición del trabajo, que tiene en el estudio de tiempos una de sus principales bases.

El estudio de tiempos puede definirse como sigue: es el procedimiento empleado para determinar el tiempo requerido por una persona calificada, trabajando a una marcha normal, para realizar un trabajo específico. Es importante señalar que mientras el estudio de movimientos es, en gran parte, análisis, el estudio de tiempos involucra mediciones. El estudio de tiempos se utiliza para medir el trabajo y su resultado es el tiempo en minutos que necesitará una persona adecuada para la tarea, e instruida en el método específico, para ejecutar dicha tarea si trabaja a un ritmo normal. Esto es a lo que se llama tiempo estándar de la operación.

Sin embargo, en la práctica, es difícil separar el estudio de los métodos del estudio de tiempos, el ingeniero industrial tiene que estudiar los métodos utilizados al hacer un estudio detallado de tiempos. La definición del estudio de tiempos establece que la tarea medida es realizada con un método específico, previamente determinado.

En la actualidad, el estudio de tiempos con cronómetro es el método de medida del trabajo que se emplea con mayor frecuencia. No obstante, existe un lugar bien definido para el uso de otros sistemas de medida del trabajo, como puede ser la determinación del tiempo estándar mediante datos elementales, tiempos predeterminados y muestreo de trabajo.

Cualquiera de las técnicas de medición del trabajo arriba mencionadas es un buen medio para establecer estándares justos de producción. Todos estos métodos se basan en hechos. Estudian cada detalle del trabajo y su relación con el tiempo normal que se requiere para ejecutar el ciclo comple-

1 Barnes, Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work". 7th. edition John Wiley & Sons. ISBN 0-471-08335-6

to. Los estándares de tiempo cuidadosamente establecidos posibilitan una mayor producción en una planta, incrementando así la eficiencia del equipo y del personal que la opera. Estándares deficientemente establecidos, aunque sirven más que no utilizar ninguno, ocasionarán inevitablemente costos más elevados, dificultades con los trabajadores y aún una posible crisis en la empresa.

El estudio de tiempos con cronómetro puede emplearse para:

1) Determinar programas y planificar el trabajo.

2) Determinar costos estándar y ayudar en la preparación de presupuestos.

3) Estimar los costos de un producto previamente a su fabricación. Esta información es valiosa para la preparación de ofertas y para la determinación de precios de venta.

4) Determinar la eficacia de las máquinas, número de estas que puede manejar una persona, número de personas necesarias en un grupo o cuadrilla y para ayudar a equilibrar las líneas de montaje y el trabajo realizado en transportador.

5) Determinar los tiempos estándares que se han de utilizar como base para la aplicación de un sistema de salarios por rendimiento a la mano de obra directa.

6) Determinar tiempos tipo que se han de utilizar como base para el pago de la mano de obra indirecta, como transportistas e instaladores.

7) Determinar tiempos estándar, que servirán como base para el control de costo de la mano de obra.

A fin de lograr la implantación satisfactoria de una técnica de medición del trabajo, debe haber un verdadero empeño por parte de la dirección o gerencia de una empresa. Tal empeño requiere aplicar entusiasmo, tiempo y los recursos financieros en forma continua.

Un programa de medición de trabajo que funcione sin tropiezos requerirá considerable planeación y una comunicación eficaz por parte de todos los miembros de una empresa.

2.2 Equipos para el estudio de tiempos.

El mínimo equipo necesario para llevar a cabo un programa de estudio de tiempos comprende un cronómetro, un tablero o paleta para estudio de tiempos, formas impresas para estudio de tiempos y calculadora.

2.2.1 Cronómetros. Varios tipos de cronómetros están en uso actualmente, la mayoría de los

cuales se hallan comprendidos en alguna de las clasificaciones siguientes:

- a) Aparato decimal de minutos (de 0.01 min)
- b) Aparato decimal de minutos (de 0.001 min)
- c) Aparato decimal de hora (de 0.0001 de hora)
- d) Cronómetro electrónico digital

El cronómetro decimal de minutos, tiene su carátula con 100 divisiones y cada una de ellas corresponde a 0.01 de minuto. Por lo tanto, una vuelta completa de la manecilla mayor requerirá un minuto. El cuadrante pequeño del instrumento tiene 30 divisiones, correspondiendo cada una a un minuto. Por cada revolución de la manecilla mayor, la manecilla menor se desplazará una división, o sea, un minuto.

El cronómetro decimal de minutos tiende a ser el favorito de los analistas de tiempos por la facilidad con que se lee y registra. Su manecilla mayor se mueve a un 60% de la velocidad de la aguja mayor de un cronómetro decimal de hora, de suerte que los puntos terminales son más claros. Al registrar las medidas de tiempo, el trabajo del analista se simplifica porque las lecturas elementales se hacen en centésimos de minuto, eliminando los ceros que hay que anotar cuando se usa el cronómetro decimal de hora, el cual se lee en diezmilésimos de hora.

El cronómetro decimal de minutos de 0.001 min es parecido al cronómetro decimal de minutos de 0.01 min. En el primero, cada división de la manecilla mayor corresponde a un milésimo de minuto. De este modo, la manecilla mayor o rápida tarda 0.10 min en dar una vuelta completa a la carátula, en vez de un minuto como en el cronómetro decimal de minutos de 0.01 min. Se usa este aparato sobre todo para tomar el tiempo a elementos muy breves a fin de obtener datos estándares.

El cronómetro decimal de hora tiene la carátula mayor dividida en 100 partes, pero cada división representa un diezmilésimo (0.0001) de hora. Una vuelta completa de la manecilla mayor de este cronómetro marcará un centésimo de hora, o sea, 0.6 min. La manecilla pequeña registra cada vuelta de la mayor, y una revolución completa de la aguja menor marcará 18 min, o sea, 0.30 de hora.

El aparato decimal de hora es un medidor de tiempo práctico y ampliamente utilizado, ya que la hora es la unidad universal de tiempo que se emplea para expresar rendimiento. Debido a la velocidad de la manecilla mayor suele necesitarse una destreza mayor para leer este cronómetro al tomar el tiempo de elementos cortos. Algunos analistas de tiempos prefieren, por esta razón, el cronómetro

decimal de minutos por su manecilla de menor velocidad.

La mayor parte de los cronómetros se fabrican de modo que registren tiempos con exactitud de mas o menos 0.025 min sobre 60 min de operación.

El cronómetro digital electrónico es sin duda uno de los dispositivos más dinámicos dentro del campo del estudio de movimientos, puesto que su utilización se incrementa cada día más entre los analistas de tiempos de las industrias modernas ya que tienen una versatilidad que ninguno de los cronómetros convencionales posee. Existen dos tipos básicos de cronómetros digitales:

- a) Sin memoria.
- b) Con memoria.

El cronómetro digital sin memoria generalmente tiene tres botones que sirven para regular el proceso de medición del tiempo. Un botón se utiliza para arrancar el contador de tiempo, ya sea partiendo de cero, o bien, a partir del momento en que fue detenido el cronómetro. El segundo botón es utilizado precisamente para detener el cronómetro justo en el momento en que se oprima y el tercer botón se utiliza para poner en ceros el contador de tiempo. Las ventajas de utilizar este dispositivo, es que se obtienen datos muchos más exactos que si los obtuviésemos de un cronómetro analógico. En los cronómetros digitales no pueden existir errores en las lecturas, puesto que cada medición tiene un valor representado por los números de la lectura. Los tamaños de este tipo de cronómetros tienden a reducirse conforme las compañías manufactureras desarrollan nuevos modelos.

Los cronómetros digitales con memoria son lo más avanzado en materia de estudios de tiempos, puesto que nos permiten cronometrar con exactitud cada elemento, llevar un registro aparte del número de elementos cronometrados, del tiempo total del ciclo, pero sobre todo una gran capacidad de almacenamiento y procesado de información, lo que nos permite medir varios ciclos de trabajo o incluso calcular las desviaciones estándar de cada elemento en los diferentes ciclos que se cronometran. Es indudable que este tipo de máquinas tenderán a popularizarse crecientemente en la industria, sin embargo, deberán pasar algunos años hasta que puedan ser asimilados completamente por la industria.

2.2.2 Cámara cinematográfica y equipos de video.

El tiempo para los elementos de una operación puede ser obtenido de una película detallada del ciclo de trabajo, tomada con una cámara cinematográfica, accionada por un motor sincrónico de

velocidad conocida, o instalando un microcronómetro en la película cuando la operación sea filmada.

La velocidad de la cámara más frecuentemente utilizada es de 1000 cuadros por minuto, lo que permite la medición de tiempos en milésimas de minuto. La película de una operación es a la vez un registro permanente del método utilizado y del tiempo de cada elemento de la operación. Incluso puede proyectarse la película a la velocidad exacta a que se tomó, lo que permite una comprobación de la actuación del operario. En otras palabras, se puede valorar la velocidad del operario, esto es, relacionarla con la actuación estándar. Desde luego, pueden emplearse cámaras de velocidades superiores a 1000 imágenes por minuto, así como también dispositivos para tomar 50 ó 100 imágenes por minuto.

Cámaras de video. La cámara de video opera a la velocidad constante de 30 cuadros por segundo y números que identifiquen la escena, hora, minutos, segundos, este cuadro con datos aparece en la parte superior o inferior de la pantalla. El número de cuadro comienza con cero y cada cuadro es numerado consecutivamente. Entonces, existe una forma directa de identificar cada cuadro y de medir el tiempo. En el capítulo 4 del presente trabajo se hablará más extensamente de estos aparatos.

2.2.3 Tablero portátil para el estudio de tiempos. Para sostener el papel y el cronómetro se utiliza un tablero de poco peso y ligeramente mayor que la hoja de observación. Este tablero o paleta tiene que ser ligero, para no cansar el brazo, y suficientemente rígido y resistente para servir de respaldo adecuado a la forma de estudio de tiempos. El triplay de un cuarto de pulgada o plástico liso y duro como la baquelita, pueden ser materiales apropiados. El tablero debe tener apoyos que se adapten al brazo y al cuerpo a fin de que se pueda sostener y escribir cómodamente en él.

En este punto es importante mencionar que en la actualidad existen modernos tableros que tienen el cronómetro digital incorporado, siendo éstos muy prácticos puesto que el hecho que el reloj forme parte del tablero es muy útil, ya que no se perderá tiempo en colocar o quitar los cronómetros.

Existen muchas disposiciones diferentes; pero lo mejor es montar rigidamente el reloj en cualquier sitio cerca del ángulo superior derecho del tablero y sujetar las hojas de observación mediante una pinza situada a un lado o en la parte superior del tablero. Como, en la mayor parte de los casos, el analista ha de registrar los datos estando de pie, es preferible tener dispuesto el

El impresor ofrece también espacio para anotar las lecturas del cronómetro para cada elemento de la operación, registrar las valoraciones de la actuación del operario y para cálculos. Se puede dejar un espacio para hacer un esquema del lugar de trabajo, o un dibujo de la pieza y para las especificaciones del material, plantilla, calibres y herramientas.

Las hojas de observación difieren grandemente en cuanto a tamaño y disposición, aunque se utiliza mucho la de 216 por 280 mm, especialmente por la facilidad de encuadernación y archivo. La figura anexa 2-1² nos muestra una hoja de observaciones típica en su parte anversa, en la cual cada renglón representa el número de ciclos y en esta forma impresa se pueden observar hasta 13 elementos por ciclo, representados por cada una de las 13 columnas superiores. La parte inferior representa el espacio para los cálculos y durante el transcurso del presente capítulo se explicará detalladamente el método para utilizar esta forma.

2.2.5. Equipo auxiliar. Cuando se este trabajando con máquinas-herramientas será necesario tener un tacómetro a fin de poder determinar la velocidad a la que se está trabajando. Esto se debe a que, pese a que todas las máquinas-herramientas modernas que cuentan con su propia impulsión indican en un lugar visible la velocidad a la cual trabajan, hay ocasiones en que no es evidente la velocidad de funcionamiento. Además, las velocidades indicadas por el fabricante están basadas en diámetros de poleas que pueden haber sido alterados durante la preparación o cambiados al efectuar el servicio de mantenimiento o revisión general de la máquina.

El tacómetro es un instrumento de medida que tiene pocas partes, su operación es sencilla e indicará con buena exactitud la velocidad de rotación (en revoluciones por minuto), en uno u otro sentido, de ejes, poleas, volantes, husillos, etc.

2.3 Realización del estudio de tiempos

El primer paso para iniciar un estudio de tiempos se realiza conjuntamente con el supervisor de línea para asegurarse que la tarea a estudiar se encuentra dispuesta para el estudio de tiempos.

2 Niebel B.W.; "Motion and time study". 6th. edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976, 719 pg.

No será correcto el tiempo estándar establecido para una tarea si se ha cambiado el método de realizar ésta, si los materiales no están de acuerdo con las especificaciones o si otras condiciones del trabajo son diferentes a las que había en el momento en que se hizo el estudio de tiempos original. Por consiguiente, el observador de tiempos examina la operación que se pretende estudiar, con el fin de sugerir cualquier cambio que crea puede efectuarse antes de hacer el estudio³.

Se supone que el analista del estudio de tiempos estará instruido en el estudio de movimientos y que aplicará sus conocimientos en esta materia a la operación que está a punto de cronometrar. Antes de comenzar el estudio deben hacerse todos los cambios que desee adoptar el supervisor. Como es natural, el supervisor decide la forma en que se ha de hacer la tarea; pero discutirá con el analista cada elemento de la operación y ambos se pondrán de acuerdo en que la operación está dispuesta para el estudio de tiempos.

2.3.1. Selección del operario. Si hay más de un operario ejecutando la misma operación, el analista de tiempos deberá tener en consideración varios factores.

Por lo general el operario tipo medio o aquel que está un poco arriba del promedio, es el que permitirá realizar un estudio más satisfactorio que el que pudiese efectuarse con un operario inexperto o con uno altamente calificado. El trabajador medio normalmente realizará el trabajo consistente y sistemáticamente. Su ritmo tenderá a estar en el intervalo aproximado de lo normal, facilitando así al analista de tiempos el aplicar un factor de actuación correcto.

Algunas veces el analista no tendrá oportunidad de escoger a quién estudiar por el hecho de existir sólo un trabajador efectuando la tarea por estudiar. En estos casos, el analista debe tener mucho cuidado, pues el operario, sabiendo que es él la única alternativa del analista podría estar actuando con demasiada lentitud, buscando con ello que el analista obtenga tiempos estándar demasiado bajos y por consiguiente fáciles de superar, o bien trabaje con una rapidez excesiva para ocasionar problemas sindicales. En trabajos en que participe un sólo operario, es muy importante que el método empleado sea el adecuado y que el analista aborde al operario con tacto y astucia.

³ Polk, Edward J.; "Methods analysis and work measurement", McGraw-Hill Book Co. New York. ISBN 0-07-050378-8

2.3.2. Registro de la información. Un error muy común del analista de tiempos es el no hacer los análisis ni los registros suficientes del método que se estudia. Una forma impresa para el estudio de tiempos debe forzosamente contener un espacio para la fotografía o para un croquis que muestre claramente todos los detalles del área de trabajo, como puede ser la localización de los depósitos de la materia prima y las partes terminadas. De este modo, las distancias a que el operario debe moverse o caminar aparecerán claramente. La localización de todas las herramientas que se usan en la operación deberán estar indicadas también, ilustrando así la secuencia de movimientos utilizados en la ejecución de los elementos sucesivos.

Es de gran importancia que el método estandarizado sea conocido perfectamente, ya que la empresa garantiza el estándar por el tiempo que el método estudiado esté vigente.

Debe anotarse la mayor cantidad de información posible acerca de máquinas, herramientas de mano, plantillas o dispositivos, condiciones de trabajo, materiales en uso, operación que se ejecuta, nombre del operador y número de tarjeta del operario, departamento, fecha del estudio y nombre del tomador de tiempos. Cuanto más información pertinente se tenga, tanto más útil resultará el estudio en años futuros.

Existen varias razones para tomar nota de las condiciones de trabajo. Por principio se puede mencionar que tienen una relación directa con el margen o tolerancia que se agrega al tiempo normal. Si las condiciones se llegaran a mejorar, entonces es probable que el margen de tiempo pueda disminuir al tener el operario mejores condiciones que le ocasionaran menores fatigas. Contrariamente, si por alguna circunstancia fuese necesario empeorar las condiciones de trabajo, es lógico que el factor de tolerancia o margen debiera de aumentarse. Los siguientes ejemplos pueden ilustrar un tipo de descripción que debe incluirse al registrar las condiciones de trabajo: "Malas para el trabajo, humedad, operario de pie, ruido excesivo (60 dB), ambiente polvoso."

Las materias primas deben ser totalmente identificadas dando información tal como índice de calor, tamaño, forma, peso, calidad y tratamientos previos.

Una vez que el analista ha realizado el acercamiento correcto con el operario y registrado toda la información importante, está listo para tomar el tiempo en que transcurre cada elemento.

El analista de tiempos debe colocarse unos pasos detrás del operario de manera que no lo dis-

traiga ni interfiera en su trabajo. Es importante que permanezca de pie mientras realiza sus estudios.

2.3.3. División de la operación en elementos y descripción del método. El tiempo estándar de una operación únicamente es válido para esa operación; por consiguiente, se ha de registrar, en la hoja de observación una descripción detallada y completa del método. Esta descripción es de gran importancia, ya que en cualquier momento, después de fijada la norma para la tarea, el departamento de estudio de tiempos puede ser requerido para determinar si el operario está ejecutando la tarea de la misma forma que cuando se hizo el estudio de tiempos. La información contenida en la hoja de observación es la descripción más completa del método que tiene el departamento de estudio de tiempos para hacer esta comprobación.

No resulta satisfactorio el cronometraje de la totalidad de la operación como si fuera un elemento único y puede decirse que un estudio global no es sustitutivo del estudio de tiempos que divide la operaciones en elementos más pequeños. Una parte esencial del estudio de tiempos es la división de la operación en elementos cortos para cronometrarlos por separado por las razones siguientes:

1.- Uno de los medios mejores para describir una operación es la de dividirla en elementos definidos y mesurables y describir cada uno de éstos por separado.

2.- Pueden determinarse los tiempos estándar para los elementos de la tarea. Estos tiempos estándares elementales hacen posible determinar sintéticamente el tiempo total de la operación.

3.- Un estudio de tiempos puede mostrar que se está tomando un tiempo excesivo para ejecutar ciertos elementos de la tarea o que se está gastando muy poco tiempo en otros elementos. Esto último ocurre a veces en los elementos de inspección. Además, el análisis de una operación por elementos puede mostrar ligeras variaciones en el método, que no se detectarían fácilmente en un estudio global.

4.- Un operario puede no trabajar a la misma marcha durante la totalidad del ciclo. El estudio de tiempos permite la aplicación de valores de actuación separados a cada elemento de la tarea.

Para hacer más fácil la medición, la operación se divide en grupos de therbligs conocidos como "elementos". Con el objeto de descomponer la

4 Gilbreth, F.B. & L.M.; "Applied motion study". Sturgis & Walton Co. New York, 1917. 220 pg.

operación en sus elementos, el analista debe observar al trabajador durante varios ciclos. Sin embargo, si el ciclo es mayor de 30 min, el analista debe escribir la descripción de los elementos mientras realiza el estudio. De ser posible, los elementos en los que se va a dividir la operación deben determinarse antes de comenzar el estudio. Los elementos deben dividirse en partes lo más pequeñas posibles, pero no tan cortas que se sacrifique la exactitud de las lecturas. Divisiones elementales de aproximadamente 0.04 min son las más pequeñas susceptibles de ser leídas consistentemente por un analista de tiempos experimentado. Sin embargo, es posible registrar elementos tan cortos como de 0.02 min.

Con el objeto de identificar el principio y el final de los elementos y para desarrollar una consistencia en las lecturas cronométricas de un ciclo a otro, deberá prestarse mucha atención en los sentidos auditivos y visual. Con ello, los puntos terminales de los elementos pueden asociarse a los sonidos producidos, como cuando una pieza terminada cae en su caja o depósito, o cuando el operario deposita en su mesa de trabajo la herramienta previamente utilizada.

Cada elemento debe registrarse en su orden o secuencia apropiados e incluir una división básica del trabajo que termine con un sonido o movimiento distintivo. Por ejemplo, el elemento "poner la máquina en marcha" comprendería: alcanzar la palanca, asir la palanca, mover la palanca y soltar la palanca. La rotación de la máquina con los sonidos respectivos identificarían el punto terminal, de modo que las lecturas podrían hacerse exactamente en el mismo punto de cada ciclo.

Existen algunas reglas para efectuar la división en elementos, estas son²:

a) Verificar que todos los elementos que se efectúan son necesarios, en caso de detectarse algunos que no lo sean, se debe proceder a hacer un estudio de métodos.

b) Deben de tenerse por separado los tiempos de máquina y los tiempos de operaciones manuales.

c) No combinar elementos constantes con elementos variables.

d) Seleccionar los elementos de suerte que sea posible identificar el principio y el final del elemento con algún sonido característico.

² Gilbeth F.B.; "Motion study", D. Van Nostrand Co., Princeton N.J., 1911, 116 pg.

e) Seleccionar los elementos de manera que sean cronometrados con facilidad y exactitud.

Una vez que se realiza la adecuada separación de todos los elementos que constituyen una operación, será necesario que se describa cada elemento con toda exactitud.

Cuando un elemento se repita, no será necesario describirlo por segunda vez, sino únicamente indicar en el espacio en que debería ir la descripción, el número con que se designó al aparecer por primera vez.

2.3.4. Toma de tiempos. Existen tres técnicas para anotar los tiempos elementales durante un estudio:

- a) El método continuo.
- b) Regresos a cero.
- c) Lectura acumulativa.

En el método continuo, se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento.

Esta técnica es la más recomendable, ya que presenta un registro completo de todo el periodo de observación y, por tanto, no se ha dejado ningún tiempo fuera del estudio tomándose en cuenta los retrasos y elementos extraños.

Como el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas del cronómetro continúan moviéndose, es necesario efectuar restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar los tiempos elementales transcurridos.

En la técnica de regresos a cero, el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento y luego las manecillas se regresan a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento las manecillas parten de cero. El tiempo transcurrido se puede leer directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y las manecillas se regresan a cero otra vez. Este procedimiento se sigue durante todo el estudio. La técnica de regresos a cero tiene las siguientes desventajas:

- 1) Se pierde tiempo al regresar a cero la manecilla; por lo tanto, se introduce un error acumulativo en el estudio.
- 2) Es difícil tomar el tiempo de elementos cortos (de 0.06 min o menos).
- 3) No siempre se obtiene un registro completo de un estudio en el que no se hayan tenido en cuenta los retrasos y los elementos extraños.
- 4) Se propicia el descuido de parte del analista de tiempos.

5) No se puede verificar el tiempo total sumando los tiempos de las lecturas elementales.

Es importante señalar que todos estos inconvenientes se pueden suprimir totalmente si se utiliza el cronómetro digital con memoria descrito en el inciso 2.2.1. del presente capítulo.

El método de cronometraje por acumulación permite la lectura directa de cada elemento mediante el uso de dos cronómetros. Se montan estos relojes junto al tablero de observación y se conectan mediante un juego de palancas, de forma que cuando se pone en marcha el primer cronómetro, el segundo se para automáticamente. Cuando se pone en marcha el segundo reloj, el primero se para. Pueden hacerse volver las manecillas a cero inmediatamente después de la lectura, por lo que no es necesario realizar sustracciones. De esta forma puede leerse el reloj con mucha mayor facilidad y exactitud, puesto que las manecillas no se mueven en el momento de realizar la lectura.

Debe anotarse en la forma impresa la hora en que se inició el estudio inmediatamente antes de poner en marcha el cronómetro.

Al anotar las lecturas de cronómetro, el analista registra solamente los dígitos o cifras necesarias y omite el punto decimal, teniendo así el mayor tiempo posible para observar la actuación del operario. Por ejemplo si se utiliza un cronómetro con decimales de minuto y el punto terminal del primer elemento ocurre a 0.09 min, el analista anotará solamente el dígito 9 en la columna de lecturas. De la misma manera si la lectura fue de 1.36 min se deberá escribir 136.

Cuando al observador se le escape hacer una lectura, inmediatamente deberá indicarlo con una "E" en la columna de lecturas de la forma impresa para el estudio de tiempos. De ninguna manera deberá suponer un valor aproximado, porque esta práctica puede anular la validez del estándar establecido para ese elemento en particular.

Cuando se presentan elementos extraños se deben cronometrar y anotar en la hoja de observación. Estos elementos, según su naturaleza, pueden o no incluirse en el tiempo estándar. Se entiende por elementos extraños aquellos que no suceden regularmente en el ciclo, tales como la caída accidental de una llave o trozo de material, atirantamiento de la banda de una máquina, sustitución de una herramienta rota, lubricación de un tornillo, etc.

2.3.5 Número de ciclos a cronometrar. En general, es de esperarse que el tiempo necesario para ejecutar los elementos de una operación varíe ligeramente de ciclo a ciclo. Aun cuando el opera-

rio trabaje con ritmo uniforme, no siempre realizará cada elemento de los ciclos consecutivos exactamente en el mismo tiempo, pudiendo deberse las variaciones a diferencias en la posición exacta de las piezas y herramientas empleadas, variaciones en la lectura del cronómetro y a posibles diferencias en la determinación de los puntos terminales exactos de cada elemento en que se realiza la lectura. Con materias primas altamente estandarizadas, herramientas y equipo y condiciones de trabajo de buena calidad y operarios bien calificados y entrenados, no serán grandes las diferencias en las lecturas de cada elemento; pero, no obstante, aun habrá alguna variación.

El estudio de tiempos es un proceso de muestreo y, por consiguiente, cuanto mayor sea el número de ciclos cronometrados, más próximos estarán los resultados a la realidad de la actividad que se mida. La uniformidad en las lecturas del cronómetro es del mayor interés para el analista. Por ejemplo, si se estudian 20 ciclos de una operación determinada y en un elemento dado se obtienen variaciones en los tiempos cronometrados que oscilen entre 0.1 y 0.14 min, será evidente que el tiempo representativo para ese elemento se encontrará entre ambos valores. Si todas las lecturas fueran de 0.1 minutos, la uniformidad o estabilidad de las lecturas sería perfecta y como tiempo representativo para este elemento se seleccionaría el de 0.10 minutos. Cuanto mayor sea la variación en las lecturas de un elemento, mayor será el número de observaciones necesarias para obtener la precisión deseada.

Las fórmulas que siguen⁶ se utilizan para determinar el número de ciclos que hay que estudiar para llegar a un estándar equitativo. Se da por supuesto que las variaciones en los tiempos observados son debidas al azar, lo cual es una hipótesis razonable.

El error típico de la media para cada elemento se expresa mediante la fórmula:

$$\sigma_w = \frac{\sigma_s}{\sqrt{N}} \quad (1)$$

siendo:

σ_w = desviación estándar de la distribución de las medias.

⁶ Nadler, Gerald; "Applied statistics on motion and time studies". McGraw-Hill Book Co. New York, 1957.

σ_1 = desviación estándar del colectivo o universo, para un elemento dado.

N = número efectivo de observaciones del elemento.

La desviación estándar es por definición, es la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones de las lecturas con respecto a la media.

Puede demostrarse por medio de las definiciones estadísticas elementales de media y desviación estándar que para una muestra representativa de observaciones individuales cronometradas en un estudio de tiempos, la desviación estándar σ_1 del universo cronometrado es igual a:

$$\sigma_1 = \frac{1}{N} \sqrt{NEX^2 - (\Sigma X)^2}$$

donde:

X = valor de la lectura de cronómetro u observación individual.

Sustituyendo este valor de σ_1 en la fórmula (1) tenemos:

$$\sigma_n = \frac{1/N \sqrt{NEX^2 - (\Sigma X)^2}}{\sqrt{N}}$$

Al determinar el número de observaciones a realizar hay que decidir el nivel de confianza y la precisión estadística deseada, empleándose generalmente, en estudio de tiempos, un nivel de confianza del 95% y una precisión del $\pm 5\%$. Esto significa que existe un 95% de probabilidades de que la media de la muestra o el valor medio del elemento no estén afectados de un error superior a $\pm 5\%$ del verdadero tiempo del elemento observado. Entonces tenemos:

$$0.05 \bar{x} = 2\sigma_n \quad \text{ó} \quad 0.05 \frac{\Sigma X}{N} = 2\sigma_n$$

$$0.05 \frac{\Sigma X}{N} = 2 \frac{1/N \sqrt{NEX^2 - (\Sigma X)^2}}{\sqrt{N}}$$

$$N^2 = \left[\frac{40 \sqrt{NEX^2 - (\Sigma X)^2}}{\Sigma X} \right]^2$$

siendo N' el número necesario de observaciones para predecir el tiempo verdadero dentro de una precisión de $\pm 5\%$ y un nivel de confianza del 95%.

Si se trabaja con un nivel de confianza del 95% y una precisión de $\pm 10\%$, la fórmula será entonces:

$$N' = \left[\frac{20 \sqrt{N} \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{\Sigma X} \right]^2$$

Debido a que un ciclo contiene varios elementos unitarios, podría plantearse la interrogante de cuál es el elemento apropiado para calcular el número de observaciones si cada elemento tiene su propia media y desviación estándar. Se recomienda que se seleccione para este fin el elemento que tenga el mayor coeficiente de variación, estando éste definido como la desviación estándar sobre la media aritmética.

También es posible determinar N (número de observaciones), con anterioridad al inicio del estudio de tiempos si se toma como base los datos históricos de elementos análogos, o en su defecto, determinando la desviación estándar y la media usando mediciones efectuadas con la técnica de regreso a cero con ciertos elementos que se deseen estudiar.

Por otro lado, la General Electric Corp⁷, estableció la siguiente tabla para determinar el número de ciclos que deben observarse:

Tiempo de ciclo en minutos	Número de ciclos recomendado
0.10	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

⁷ Shaw, Albert E.; "Time study manual", Erie Works, General Electric Company. New Haven Conn.

Una vez que se ha determinado el número de observaciones que se deben hacer para que el estudio sea válido surge el problema de cuando deben de observarse dichos ciclos. Por ejemplo, si el número idóneo de observaciones es de 20, puede surgir la duda de si realizar las 20 observaciones seguidas, o bien realizar dos muestras de 10 en horas diferentes, o cuatro de 5, etc.

Debido a que la realización de un estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, el promedio de varias muestras pequeñas proporcionará estimaciones más confiables de parámetros que una sola muestra de tamaño equivalente al total de las muestras pequeñas.

Con el objeto de tener una media estabilizada, las muestras individuales deben ser lo bastante grandes. Una vez que se ha establecido la media, el muestreo de un ciclo extra, no variará en forma importante el valor de la media aritmética.

A medida que el observador realiza el estudio, determina también la valoración de la velocidad a que está trabajando el operario. Es costumbre aplicar una calificación global a todo el estudio cuando se trata de ciclos cortos de trabajo repetitivo. Sin embargo, en caso de que los elementos sean largos y comprendan toda índole de movimientos manuales, será más práctico evaluar la ejecución individual de cada elemento.

Debido a que el tiempo real que se requiere para efectuar cada elemento del estudio es función del esfuerzo y la destreza del operario, será necesario introducir un factor de ajuste que equilibre los tiempos de un trabajador hábil con el de uno deficiente.

En el sistema de valoración o calificación de la actuación el analista evalúa la eficiencia del trabajador en términos del concepto de operario "normal". Esta efectividad o eficiencia es expresada en términos de por ciento y se asigna al elemento individual o al ciclo global, según sea el caso.

El principio básico de la calificación de la actuación es el saber ajustar el tiempo medio para cada elemento efectuado durante el estudio al tiempo que habría requerido un operario normal para realizar el mismo trabajo. En el inciso 2.6 del presente capítulo se tratará más extensamente el tema de la calificación del operario.

Por otra parte, sería prácticamente imposible que un operario mantuviera el mismo ritmo durante cada minuto de la jornada de trabajo. Es por ello, que el operario en ocasiones interrumpe su trabajo, por lo que hay que compensarlo con tiempo adicional para el estándar. Esta holgura que se le

da al trabajador se le conoce como margen o tolerancia.

Para poder llegar a un estándar justo para un operario normal que labore con un esfuerzo de tipo medio, debe incorporarse cierto margen o tolerancia al tiempo nivelado o tiempo base, esto debido a que el estudio de tiempos se lleva a cabo en un periodo relativamente corto y hay que eliminar elementos extraños al determinar el tiempo estándar. En el inciso 2.7 del presente capítulo se trata con mayor extensión el tópico de los márgenes o tolerancias.

2.5 Calificación del operario.

La calificación de la actuación es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que un operario calificado "normal", ejecute correctamente una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio⁸. Se puede definir el operario normal como aquel trabajador competente y experimentado que trabaja en las condiciones que prevalecen ordinariamente en el sitio o estación de trabajo, a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado lento, sino representativo del promedio⁹.

La calificación de la actuación del operario es probablemente el paso más importante del procedimiento del estudio de tiempos. Ciertamente este es el paso más sujeto a críticas, puesto que se basa enteramente en la experiencia, adiestramiento y buen juicio del analista de medición del trabajo.

Tal como se señaló en el inciso anterior, la actuación del operario rara vez será conforme a la definición exacta de lo que es la "normal", es por ello que es de vital importancia para lograr un estudio real hacer algún ajuste al tiempo medio observado a fin de determinar el tiempo que se requiere para que un individuo normal ejecute el trabajo a un ritmo normal.

Sin embargo, es importante señalar que no existe ningún método universalmente aceptado para calificar actuaciones, ni tampoco un concepto universal de lo que se entiende por "actuación normal", ya que una empresa que fabrique artículos de bajo

⁸ Niebel B.W.; "Motion and time study" 6th edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill, 1976. 719 pg.

⁹ Maynard H.B. (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook", Section 3 Ch.2 "Stopwatch time study" by William Antis. McGraw-Hill Book Co.

costo y altamente competitivos tendrá una concepción más rígida de la actuación estándar que una compañía que fabrique productos patentados.

Cada trabajador en forma individual presenta diferencias en conocimientos y habilidades para desempeñar algún puesto en particular. Esta diferencia es inherente a la capacidad corporal, estado de salud, conocimiento del trabajo, destreza física y nivel de capacitación¹⁰. El grado de variación en la actuación de diferentes individuos se ha calculado que se aproxima a la relación de 1 a 2.25. De esta manera, en una selección aleatoria de 1000 trabajadores, la distribución de frecuencias del rendimiento o productividad se aproximará a la curva normal. En la figura anexa 2-2 podemos apreciar la distribución de la productividad de 1000 personas elegidas al azar.

Curva de distribución normal de la productividad de 1 000 personas elegidas al azar.

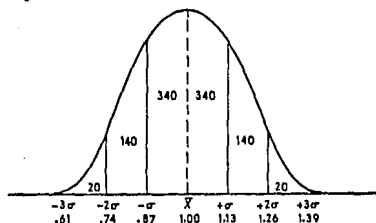


FIG.2-2. "CURVA NORMAL DE PRODUCTIVIDAD"

En la mayoría de los casos se encontrarán diferencias importantes de productividad entre los individuos asignados a una misma clase de trabajo, lo que hace necesario un ajuste de la actuación del trabajador a un predeterminado nivel de actuación normal.

2.5.1. Curva de aprendizaje. Los profesionistas de las ciencias de la conducta, reconocen que el aprendizaje es un proceso que es función del tiempo. Es necesario invertir tiempo para poder adquirir cualidades físicas y mentales coordinadas que le permitan al operario pasar de un elemento a otro sin titubeo o retraso.

¹⁰ Connellan Thomas K.; "How to improve human performance: behaviorism in bussiness and industry" Harper & Row, New York, 1978. 195 pg.

Para poder tener una idea más completa del proceso de aprendizaje, los ingenieros de recursos humanos han creado una gráfica cuyo cometido es evaluar en forma coherente el proceso de aprendizaje. Estas gráficas son conocidas como curvas de aprendizaje.

En las curvas de aprendizaje se gráfica en el eje de las ordenadas el tiempo unitario medio acumulado y en el de las abscisas la producción acumulada.

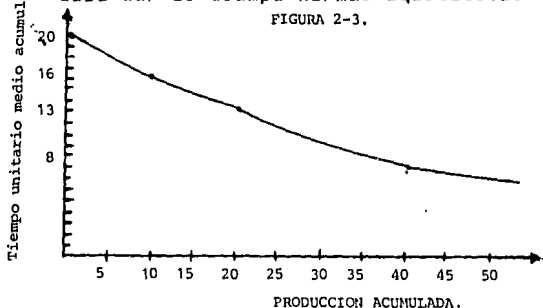
La experiencia demuestra que al principio con mucho tiempo invertido se producirá poco, ya que los operarios están apenas aprendiendo a realizar la operación y por ello tienen poca práctica. En este punto la pendiente de la curva es pronunciada, sin embargo conforme pasa el tiempo, el operario adquiere práctica y con menos tiempo producirá mayor cantidad de artículos, con lo que la curva de la gráfica tiende a "aplanarse" en el eje de las abscisas, y en el momento en que el operario tenga un dominio de la operación la curva tiende a estabilizarse¹¹.

La figura adjunta 2-3 nos muestra una curva de aprendizaje típica, que nos representa el proceso de aprendizaje de un operario en un método de producción nuevo para él. El punto de intersección con el eje de las "y", nos indica que al comenzar el operario a aprender la tarea necesitaba un promedio de 20 minutos para producir una unidad, sin embargo, después de realizar 10 unidades, este tiempo se redujo a 16 minutos, puesto que ya había adquirido una mayor práctica. Posteriormente, después de producir 20 unidades este tiempo se redujo a sólo 13 minutos, con lo que la pendiente tiende a disminuir, hasta llegar al momento en que acumula una producción de 40 unidades y requiere de sólo 8 minutos para realizarlo. A partir de este momento, aunque el operario produzca una gran número de unidades, el tiempo que necesitará por unidad no variará grandemente de los 8 minutos, pues su curva de aprendizaje ya se ha estabilizado o "aplanado" como puede apreciarse en la figura. Una vez que el operario llega a la sección aplanada de la curva de aprendizaje, se simplifica el problema de calificar la ejecución del trabajo. Sin embargo, no siempre resulta conveniente esperar a que el operario llegue a dicha sección, para poder elaborar el estándar. El analista puede verse obligado a establecer el estándar en un punto de la curva de aprendizaje

¹¹ Nanda, R., G.L. Adler (editors); "Learning curve theory and application". American Institute of Industrial Engineers, Norcross Ga. Official Bulletin.

donde la pendiente aún sea pronunciada. En tales casos es cuando el analista debe tener una gran habilidad de observación y capacidad de apreciar cual debe ser el tiempo normal equitativo.

FIGURA 2-3.



La teoría de la curva de aprendizaje expresa que cada vez que se duplica la cantidad de unidades producidas, el tiempo unitario decrece en un porcentaje constante. Por ejemplo, si se espera que se obtenga un 90% de mejoría, el tiempo unitario medio bajará en 10% al duplicarse la producción.

2.5.2 Características y métodos de valuación. Es indudable que la principales características que debe poseer un sistema de valuación son:

a) La exactitud. Debe de buscarse que todo el departamento de tiempos tenga un criterio uniforme y que ponga todo su empeño es calificar al trabajador lo más equitativamente posible.

b) Consistencia. Debe buscarse que todos los estudios realizados por los analistas presenten una coherencia en los estándares. Por ejemplo, si se determina un estándar de 8 microcircuitos por hora para un circuito integrado de 5" X 4", sería ilógico y acarrearía muchas protestas sindicales si el estándar para el circuito integrado más grande de 6" X 4" fuese de 15 microcircuitos por hora, siendo que éste por su mayor dimensión requiere mayor trabajo.

La inconsistencia en el sistema de calificación podría ocasionar que un obrero llegue a ganar bonificaciones de hasta el 60% sobre su salario, mientras que otro tendrá mucho trabajo en alcanzar siquiera el estándar.

c) Simplicidad. Un sistema de valuación que sea simple, conciso, fácil de explicación y basado en puntos de referencia perfectamente definidos, dará mejores resultados que técnicas complicadas

que requieren factores de ajuste y cálculos matemáticos que confundan al trabajador medio.

La calificación debe otorgarse durante el curso de la observación de los tiempos elementales. Conforme el trabajador avanza de un elemento al otro, el analista debe evaluar con cuidado la velocidad, la destreza, la ausencia de falsos movimientos, el ritmo, la coordinación, la efectividad y todos los factores que podrían influir en el rendimiento.

La exactitud de la calificación del operario dependerá en gran parte de la frecuencia en que se califique al trabajador. Será mínima la desviación en la actuación de un operario en operaciones repetitivas de ciclo corto, durante un estudio de 15 a 30 min. En estos casos será perfectamente válido calificar el estudio globalmente y anotar en el espacio asignado el factor de calificación.

Los elementos controlados por máquinas o por alimentación de energía serán calificados como estándar, o sea con calificación de 1.00, puesto que su velocidad no puede ser cambiada o modificada por el trabajador. Si se estudia un ciclo corto, será bastante difícil calificar la actuación en cada elemento sucesivo del estudio, puesto que la atención del analista se estaría ocupada en registrar los valores, y descuidaría la observación y la evaluación de la actuación del operario.

Cuando se vaya a emprender un estudio de más de 30 min. o que tenga elementos individuales de larga duración, debe de esperarse que la actuación del operario varíe durante el estudio de tiempos. En este tipo de trabajos será importante evaluar y calificar periódicamente la actuación. Para aquellos elementos cuya duración sea mayor de 0.10 min. se podrá calificar consistentemente conforme vayan transcurriendo, pero si el estudio está compuesto de una secuencia de elementos de menos de 0.10 min. no se debe de tratar de evaluar cada elemento de cada ciclo, ya que habrá poco tiempo para efectuar esta operación. Bastará con calificar el tiempo global de cada ciclo o, quizá, de cada grupo de ciclos.

2.5.3 Sistema Westinghouse de calificación. Uno de los métodos más ampliamente utilizados es el sistema desarrollado por la compañía Westinghouse. En este sistema se consideran cuatro factores principales para evaluar la actuación del operario que son habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia.

La habilidad queda definida como la pericia para seguir un método dado. Se considera que la habilidad de un trabajador queda determinada por su

experiencia y sus aptitudes innatas como coordinación natural y ritmo de trabajo.

Según el sistema Westinghouse de calificación o nivelación, existen seis grados o tipos de habilidad imputables a los operarios. Tales grados son: deficiente, aceptable, regular, buena, excelente y óptima. El analista deberá evaluar y determinar cada una de estas categorías a la destreza demostrada por el operario.

La calificación de la habilidad asignada debe cotejarse contra un valor en porcentaje equivalente. Este porcentaje se combina algebraicamente con las calificaciones para el esfuerzo, condiciones y consistencia, para llegar a la nivelación final o factor de la actuación del operario. A continuación se muestra la tabla de categorías de habilidad con sus porcentajes respectivos¹²:

Destreza o habilidad.

+0.15	.....	A1	Optima
+0.13	.....	A2	Optima
+0.11	.....	B1	Excelente
+0.08	.....	B2	Excelente
+0.06	.....	C1	Buena
+0.03	.....	C2	Buena
+0.00	.....	D	Regular
-0.05	.....	E1	Aceptable
-0.10	.....	E2	Aceptable
-0.16	.....	F1	Deficiente
-0.22	.....	F2	Deficiente

El segundo factor de este sistema de calificación es el esfuerzo o empeño que queda definido como la demostración de una voluntad para trabajar con eficiencia. El empeño es representativo de la rapidez con que se aplica la habilidad, y puede ser controlado en alto grado por el operario mismo. La siguiente tabla da los valores numéricos para los diferentes grados de esfuerzos:

Esfuerzo o empeño

+0.13	.....	A1	Excesivo
+0.12	.....	A2	Excesivo
+0.10	.....	B1	Excelente
+0.08	.....	B2	Excelente
+0.05	.....	C1	Bueno
+0.02	.....	C2	Bueno

¹² Lowry S.M., H.B. Maynard & G.J. Stegemerten; "Time and motion study and formulas for wage incentives. 3rd edition. McGraw-Hill Book Co. 1940, 432 pg.

0.00	.....	D	Regular
-0.04	.....	E1	Aceptable
-0.08	.....	E2	Aceptable
-0.12	.....	F1	Deficiente
-0.17	.....	F2	Deficiente

El tercer factor son las condiciones. Las condiciones son aquellas que afectan al operario principalmente y no a la operación misma. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo son: temperatura, ruido, iluminación, ventilación. A continuación se presenta la tabla de factores de condiciones:

Condiciones

+0.06	.....	A	Ideales
+0.04	.....	B	Excelentes
+0.02	.....	C	Buenas
0.00	.....	D	Regulares
-0.03	.....	E	Aceptables
-0.07	.....	F	Deficientes.

El último de los cuatro factores que influyen en la calificación de la actuación es la consistencia del trabajador, esto es la capacidad de mantener un ritmo de trabajo lo más constante posible con objeto de obtener uniformidad en la productividad. Los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indican la consistencia ideal. A continuación se muestra la tabla para evaluar la consistencia:

Consistencia

+0.04	.....	A	Perfecta
+0.03	.....	B	Excelente
+0.01	.....	C	Buena
0.00	.....	D	Regular
-0.02	.....	E	Aceptable
-0.04	.....	F	Deficiente

Una vez que se han asignado la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia de la operación y se les ha asignado su valor numérico equivalente, se determina el factor de actuación sumando los cuatro valores y agregando a esta suma la unidad. Por ejemplo, si un operario ha obtenido B2 en habilidad, C2 en empeño, D en condiciones y C en consistencia, el factor de actuación se obtiene como sigue:

Habilidad	B2	+0.08
Esfuerzo (o empeño) ...	C2	+0.02
Condiciones	D	0.00
Consistencia	C	+0.01
Suma algebraica		+0.11
Factor de actuación		1.11

El método Westinghouse para calificar la actuación está diseñada para la nivelación de todo el estudio, más que a la nivelación elemental.

2.5.4 Sistema de calificación por selección del operario. Para eliminar la calificación de la actuación, algunas empresas seleccionan operarios prototipos y luego consideran como tiempo normal el tiempo medio observado. Al utilizar este método debe de estudiar más de un operario y observar varios ciclos para poder obtener un tiempo medio confiable. Si las actuaciones de los trabajadores son más lentas de lo normal, resultará un estándar demasiado holgado y recíprocamente, si los operarios observados producen a una rapidez superior a la normal, el estándar será demasiado estrecho.

2.5.5. Método de calificación por velocidad. Este método de valuación sólo considera la rapidez de realización del trabajo por unidad de tiempo. En este método, el observador mide la efectividad del operario en comparación con el concepto de un operario normal que lleva a cabo el mismo trabajo, y luego debe asignar un porcentaje para indicar la relación o razón de la actuación observada a la actuación normal. La velocidad de 100% se considera normal, de suerte que una calificación de 115% nos indicaría que el trabajador está trabajando a un ritmo 15% superior al normal, y recíprocamente, una calificación de 75% significaría que el operario está actuando un 5% debajo de lo normal. La escala de calificaciones por velocidad abarca generalmente un intervalo de 50% hasta 150%.

2.5.6. Calificación por factor de ajuste. En este sistema de calificación se establece una asignación de trabajo con la que se comparan, en cuanto a ritmo se refiere todos los demás trabajos. Después de la apreciación del ritmo o marcha, se le asigna un factor secundario para ponderar su dificultad relativa¹³. Los factores que influyen en el ajuste de dificultad relativa son:

¹³ Mundel E. Marvin. "Motion and time study (improving productivity) 5th edition. Prentice-Hall, 1962. 737 pg.

- a) Extensión o partes del cuerpo empleadas.
- b) Utilización de pedales u objetos análogos.
- c) Si se usan las dos manos.
- d) Si requiere coordinación ojo-mano
- e) Peso que se maneja o resistencia que necesite esfuerzo físico para vencerse.
- f) Requisitos sensoriales o de manipulación.

Se han asignado valores numéricos a una serie de grados de cada factor, aprovechando resultados experimentales. La suma de los valores numéricos para cada uno de los seis factores comprende el ajuste secundario. Según este método el tiempo estándar puede expresarse como sigue:

$$T = (P)(S)(O)$$

donde:

T= Tiempo normal establecido para el cálculo.

P= Factor de calificación por velocidad.

S= Factor de ajuste por dificultades del trabajo.

O= Tiempo elemental medio de observaciones.

Con este método podremos obtener resultados consistentes, ya que la comparación de la marcha de la operación que se estudia se realiza comparándola contra una perfectamente definida y clara para el analista.

2.5.7 Calificación por tiempo de movimiento fundamental. Con el objeto de establecer un método que no dependa del juicio o criterio del analista se desarrolló un método que determina un factor de actuación para elementos de esfuerzo representativos del ciclo de trabajo por comparación de los tiempos reales elementales observados con los datos de los tiempos de movimientos fundamentales.

Los valores básicos sintéticos son una colección de estándares de tiempo válidos asignados a movimientos y grupos de movimientos fundamentales que no se pueden evaluar con precisión mediante estudios cronométricos ordinarios. Los valores de tiempo son sintéticos en el sentido de que con frecuencia resultan de combinaciones lógicas de *therbligs*, en otras palabras, a ciertos movimientos universales, se les puede asignar un tiempo predefinido que supuestamente cualquier operario debe necesitar para realizarlo.

En este sistema, el factor de actuación puede expresarse algebraicamente como:

$$P = F(t)/O$$

donde: P = Factor de actuación o nivelación.
F(t) = Tiempo de movimiento fundamental.
O = Tiempo elemental medio observado
para los elementos utilizados en F(t).

Por ejemplo, si para la operación de asir el tiempo de movimiento fundamental es de 0.87 y las observaciones registradas de esa operación nos dan una media de 0.92 entonces:

$$P = 0.87/0.92 = 94.57\%$$

Aunque es indiscutible que la actuación de un operario varía de un elemento a otro, la evaluación promedio de dos o más elementos de estudio dará una estimación razonablemente buena de la actuación en el ciclo.

2.5.8 Capacitación del analista para que pueda calificar correctamente. Uno de los sistemas más comúnmente empleados para la capacitación del analista de tiempos en la calificación de la actuación es la observación de películas ilustrativas de operaciones de diversa índole. Una vez observada la película, se pide a los aspirantes que evalúen según su propio criterio la actuación del trabajador de la película. Debido a que cada una de las películas tienen un nivel de actuación conocido podrá compararse la calificación otorgada por el analista con la calificación de la película. Si los valores de alguno de los analistas de tiempos se llegara a desviar considerablemente del valor correcto, deberá pedirle una justificación de la razón por la cual otorgó tal valor.

Después de que se hayan proyectado un buen número de películas será conveniente que se haga una pequeña gráfica para evaluar los resultados obtenidos del analista que se está capacitando. Esta gráfica consiste en una línea recta a 45 grados que representa el estándar correcto, los ejes de las ordenadas y abscisas, esatarán tabulados del 50 al 150 y representan las calificaciones que puede obtener el operario. Cuando el analista califique por debajo del estándar se trazará un punto debajo de la línea de estándares correctos, y recíprocamente, si otorgó un estándar elevado, éste deberá representarse con un punto por encima de la recta.

El número de puntos que no estén sobre la recta, así como la distancia a ella determinarán el grado de capacitación del operario.

La figura anexa 2-4¹⁴ nos muestra una gráfica de este tipo, en la cual un analista realiza evaluaciones sobre siete películas con calificaciones conocidas. Podemos observar, por ejemplo, que el analista calificó la primera película con 75, siendo que la calificación correcta es 55, que está representado por la línea a 45 grados. Es evidente que el analista calificó un poco alto en las películas 1,2,4 y 6, mientras que en las 3,7, estuvo por debajo de la calificación correcta. La zona a-
shurada adyacente a la línea de calificaciones correctas es la zona de error permisible, por lo que cualquier calificación dentro de esta zona implicaría un error que puede ser aceptado por el instructor.

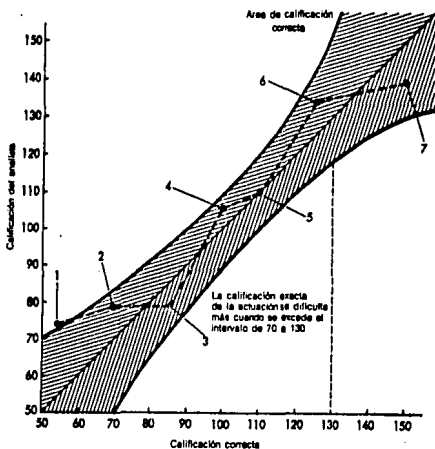


FIG 2-4. "EXACTITUD DE CALIFICACIONES"

También es útil el diagrama que marca las calificaciones sucesivas en el eje X, e indica en el eje Y las magnitudes de la desviación respecto de la normal conocida. Entre más cercana esté al eje X la calificación de analista, tanto más correcta será esta.

La figura adjunta 2-5 nos muestra un diagrama de este tipo.

14 Niebel B.W.; "Motion and time study", 6th edition, Richard D. Irwin. Homewood Ill, 1976, 719 pg.

Por último agregaremos que el nivel de actuación es un factor que afecta significativamente los errores al obtener el estándar para una operación, es por ello el papel fundamental que tiene en el estudio de tiempos la valoración de la actuación.

2.6 Márgenes y tolerancias de tiempos.

Si el trabajador fuese capaz de trabajar continuamente sin interrupción, el tiempo medio por el factor de calificación, sería suficiente para llegar al verdadero estándar, sin embargo, no se espera que una persona trabaje todo el día sin alguna interrupción. El operario gastará cierto tiempo en sus necesidades personales, en descansar y por razones fuera de su control.

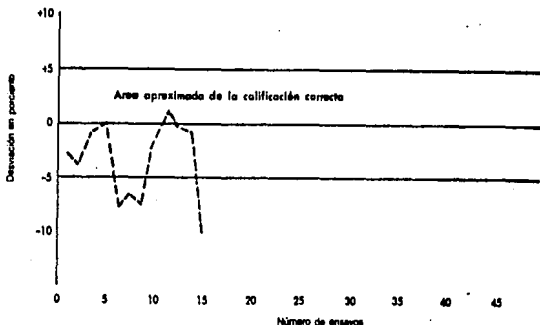


FIG 2-5. "DIAGRAMA HORIZONTAL"

El tiempo normal es el tiempo que necesitaría un obrero calificado para ejecutar la tarea si trabajara a marcha normal y por tanto es igual al tiempo medio por el factor de calificación.

El tiempo estándar es igual al tiempo normal más los suplementos o tolerancias. Los suplementos no forman parte del factor de valoración y se obtienen mejores resultados si se aplican separadamente.

El determinar y establecer las tolerancias correctas es un paso muy importante en el estudio de tiempos, el analista de hacer un exhaustivo estudio de las condiciones que rodean al trabajador y al trabajo para determinar la clase y cantidad de tolerancia que se debe de incluir en el estudio.

Existen dos métodos utilizados con frecuencia para el desarrollo de datos de tolerancia estándar. El primero consiste en un estudio de la producción que requiere que un observador estudie dos o hasta tres operaciones durante un período largo. El observador registra la duración y el motivo de cada intervalo libre o de tiempo muerto, y después de establecer una muestra razonablemente representativa, resume sus conclusiones para determinar la tolerancia en un tanto por ciento para cada característica aplicable. Los datos obtenidos de esta manera deben ajustarse al nivel de actuación normal, al igual que los de cualquier estudio de tiempos.

La segunda técnica para establecer un porcentaje de tolerancia es mediante estudios de muestreo del trabajo (work sampling). En esta técnica se muestrea un determinado número de observaciones al azar, este procedimiento no necesita de cronómetro, ya que el analista hace recorridos por el área de trabajo estudiada sin horario fijo y toma breves notas sobre lo que cada operario se encuentra realizando. El número de retrasos registrados, dividido entre el número total de observaciones durante las cuales el trabajador realiza labor productiva, tenderá a ser igual a la tolerancia requerida por el operario para ajustar los retrasos normales que se le presenten¹⁵.

En general las tolerancias se aplican para cubrir cuatro grandes áreas que son: demoras personales, suplementos por fatiga, retrasos inevitables y retrasos especiales.

2.6.1 Demoras personales. Como su nombre lo indica, las demoras personales abarcan el tiempo requerido por el operador promedio para cubrir sus necesidades personales, esto incluye suplementos por idas a beber agua, ir a los sanitarios, lavado de manos, etc. No incluye el tiempo para comer, si existen periodos definidos por la compañía para tal fin.

Aunque la cantidad de tiempo necesaria para usos personales varía más bien con el individuo que con la clase de trabajo, existe el hecho de que los trabajadores necesitan más tiempo personal cuando el trabajo es pesado y se realiza en condiciones desfavorables, especialmente en atmósferas cálidas y húmedas. En estas condiciones, los estudios mostrarían, posiblemente, que se debieran conceder suplementos de más del 5% para el tiempo personal.

15 Helland R.E. & Richardson W.J.; "Work sampling", McGraw-Hill Book Co. New York, 1957. 243 pg.

2.6.2 Suplementos por fatiga. En las fábricas bien dirigidas de la actualidad se han hecho esfuerzos para eliminar la fatiga, se han acortado la duración de la jornada y la semana de trabajo, se ha perfeccionado la maquinaria y el equipo de manipulación, las herramientas y las plantillas, de forma que el trabajo se hace con más facilidad y el empleado trabaja con una mayor comodidad que anteriormente, sin embargo, la fatiga puede reducirse pero nunca eliminarse.

La fatiga está estrechamente ligada a la tolerancia por retrasos personales aunque la primera sólo se aplica a las partes del estudio que tienen que ver con esfuerzo. Las tolerancias por fatiga no se pueden calificar en base a teorías racionales y sólidas, ya que pese a que la palabra fatiga es usada frecuentemente en los círculos industriales y que cualquiera que no haya estudiado la materia cuidadosamente siente que sabe que es la fatiga, la naturaleza de la fatiga no ha sido claramente entendida. Una corriente de pensamiento asegura que no existe la fatiga sino que lo que se llama fatiga es una manifestación de susceptibilidad a la monotonía, aburrición y conceptos análogos¹⁶.

Otra corriente acepta la existencia de la fatiga, pero reconoce diferentes tipos de fatiga, como la causada por calor excesivo, aire enrarecido, tensión nerviosa o monotonía.

El analista debe llegar a la conclusión, basada en el análisis y en su experiencia personal, que aún en las mejores condiciones algunos trabajadores experimentan una aminoración en su voluntad para trabajar, debido a un cansancio físico o mental o ambos, conforme la jornada de trabajo avanza, y a esto se le considera fatiga.

La fatiga puede ser causada por los siguientes factores:

- a) Condiciones de trabajo (Luz, temperatura, ruido, humedad ambiental, calidad del aire, etc).
- b) Repetitividad del trabajo (Monotonía de movimientos corporales semejantes, cansancio muscular)
- c) Estado general del trabajador, físico y mental (estatura, condición emocional, dieta, horas de sueño).

Es evidente que la fatiga puede reducirse, pero nunca eliminarse.

El método más comunmente utilizado para determinar el margen o tolerancia por fatiga es aquel que mide el decrecimiento de la producción du-

¹⁶ Gilbreth F.B. & L.M.; "Fatigue Study", 2nd edition. Macmillan Co., New York 1919, 175 pg.

rante el período de trabajo. Cualquier tipo de disminución en la producción que no pueda atribuirse a los cambios de métodos o de personal, o a retrasos inevitables, podrá ser atribuida a la fatiga y ser expresada como porcentaje. No obstante debe quedar claro que el factor de fatiga puede recibir la influencia de factores externos, por lo que se deben de realizar muchos estudios para obtener una muestra razonable antes de decidir la tolerancia final por fatiga en una situación dada.

El coeficiente de fatiga se expresa como sigue:

$$F = \frac{(T - t)100}{T}$$

donde: F = Coeficiente de fatiga.

T = Tiempo requerido para realizar la operación al final del período de trabajo. (La fatiga es mayor en este período)

t = Tiempo necesario para efectuar la operación al principio del trabajo continuo.

Las tolerancias por fatiga se han dividido arbitrariamente en tres grupos:

a) Fatigas por trabajos agotadores que impliquen un gran desgaste físico.

b) Operaciones monótonas de gran repetitividad de sus elementos.

c) Operaciones que se realizan en ambientes de trabajo poco propicios o desagradables.

La oficina Internacional del trabajo (OIT)¹⁷, ha elaborado una tabla que presenta el efecto que tienen las condiciones laborales sobre la fatiga, expresados como porcentajes. Esta tabla suele ser una ayuda excelente en la determinación de las tolerancias. A continuación se transcribe dicha tabla:

a) Tolerancias constantes:	%
1.- Tolerancia personal	5
2.- Tolerancia básica por fatiga	4
b) Tolerancias variables:	
1.- Tolerancia por estar de pie	2
2.- Tolerancia por posición no normal:	
a) Ligeramente molesta	0
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2
c) Muy molesta (acostado, extendido) ..	7

¹⁷ International Labour Office-Vol XII pp 63-65 Zurich, Sweeden. UN-Press.

3.- Empleo de fuerza o vigor muscular		
(Para levantar, tirar de, o empujar):		
Peso levantado (kg. y libras)		
2.5; 5	.....	0
5; 10	.....	1
7.5; 15	.....	2
10; 20	.....	3
12.5; 25	.....	4
15; 30	.....	5
17.5; 35	.....	7
20; 40	.....	9
22.5; 45	.....	11
25; 50	.....	13
30; 60	.....	17
35; 70	.....	22
4.- Alumbrado deficiente:		
a) Ligeramente menor a lo recomendado..		0
b) Muy inferior		2
c) Sumamente inadecuado		5
5.- Condiciones atmosféricas:		
(calor y humedad) variables .....0-10		
6.- Concentración del operario:		
a) Trabajo moderadamente fino		0
b) Trabajo fino o de gran cuidado		2
c) Trabajo muy fino o muy exacto		5
7.- Nivel de ruido:		
a) Continuo		0
b) Intermitente-fuerte		2
c) Intermitente-muy fuerte		5
d) De alto volumen a fuerte		5
8.- Esfuerzo mental:		
a) Proceso moderadamente complicado ..		1
b) Proceso muy complicado que requie-		
re amplia atención		4
c) Muy complicado		8
9.- Monotonía:		
a) Escasa		0
b) Moderada		1
c) Excesiva		4
10.- Tedio:		
a) Algo tedioso		0
b) Tedioso		2
c) Muy tedioso		5

Al utilizar esta tabla, el analista debe determinar un factor de tolerancia para cada elemento del estudio. Por ejemplo, un cierto elemento de un estudio dado puede requerir el levantamiento de un peso de 25 kg, entonces, a dicho elemento se rá necesario aplicarle una tolerancia del 13% según se puede ver en la tabla.

Existen varios métodos para aplicar las tolerancias por fatiga. Uno es considerándola como un porcentaje que se añade al tiempo normal.

Otra técnica maneja las tolerancias por medio del establecimiento de tiempos de descanso periódicos.

Es totalmente reconocido que los períodos de descanso periodicos reducen la fatiga. Si se implementan periodos de descanso de 15 minutos en una factoría, la tolerancia por fatiga deberá ser modificada proporcionalmente. Por ejemplo, si a una operación determinada, cuyo tiempo productivo normal fuera de 500 min, se le asignaba una tolerancia de 10%, y posteriormente, mediante una negociación sindical, se concedieron periodos de descanso de 15 min en el turno matinal y 15 min en la tarde, la tolerancia por fatiga en esta clase trabajo se reduciría como sigue:

$$\begin{array}{r} \text{Tiempos total de descanso} \quad 30 \\ \hline \text{T tiempo productivo normal} \quad 500 \end{array} = \frac{\quad}{\quad} = 6\%$$

Por lo tanto, para futuros estándares en esta operación, tendrán una tolerancia por fatiga de 10% menos 6% o sea 4%.

2.6.3 Retrasos inevitables. Durante el curso del día, el operador es interrumpido con frecuencia para hacer algún trabajo complementario de la operación o para hacer cosas totalmente diferentes de la operación. Algunos retrasos pueden ser necesarios como realimentarse de materias primas, rechazar partes fuera del estándar, y hacer reparaciones menores al equipo y herramientas. Otros retrasos que son necesarios, pero que no están relacionados con ningún tipo particular de trabajo son aquellas ocasionadas por interrupciones del capataz o supervisor para preguntar, dar instrucciones, o transmitir algún mensaje. La pérdida de tiempo experimentada por el operador debido a ese tipo de retrasos deben de estar cubiertos por los suplementos.

Otro tipo de retraso inevitable es el debido a la interferencia de máquinas que ocurre cuando se asigna más de una instalación de trabajo a un operario.

Como es de esperarse, en caso de tener varias máquinas dependiendo de un trabajador, habrá momentos durante su día de trabajo en que una o más de ellas debe de esperar hasta que el operario termine su trabajo en otra. Cuanto mayor sea el número de equipos o máquinas que se le asignen al operario, tanto más aumentará el retraso por interferencia. Las investigaciones demuestran que la interferencia de las máquinas ocurre predominantemente de

10% a 30% del tiempo de trabajo total, con extremos de 0 a 50%.

El grado de interferencia de máquinas es función del número asignado de instalaciones o equipos, la aleatoriedad del tiempo de servicio requerido, la proporción del tiempo de servicio al tiempo de funcionamiento, la magnitud del tiempo de funcionamiento y el valor medio del tiempo de servicio. Cuando se asignan menos de seis máquinas se recomienda el uso de gráficas empíricas para determinar la interferencia, en el caso de siete o más máquinas existe la fórmula¹⁸:

$$I = 50[\sqrt{(1 + X - N)^2} - (1 + X - N)]$$

donde:

I = Interferencia expresada como porcentaje del tiempo medio de atención.

X = Razón del tiempo medio de funcionamiento de máquina al tiempo medio de atención de la misma.

N = Número de equipos o máquinas asignado a un operador.

Es importante recalcar que la magnitud de la interferencia está íntimamente ligada con la actuación del operador. Por lo tanto, si un operador está trabajando con un nivel bajo de esfuerzo, experimentará una mayor interferencia de máquinas que aquel otro que con un mayor esfuerzo reduce el tiempo empleado en atender o dar servicio a la máquina parada. El analista procura determinar el tiempo de interferencia normal que, al ser sumado a:

a) el tiempo de funcionamiento de la máquina requerido para producir una unidad, y

b) al tiempo normal utilizado por el operario para el servicio de la máquina parada, será igual al tiempo del ciclo. Este tiempo del ciclo dividido entre el tiempo de funcionamiento de cada máquina, multiplicado por el número de máquinas asignado al operador dará el tiempo medio de trabajo (en horas) de la máquina por hora. Por tanto, se tiene la expresión:

$$O = \frac{NT_1}{C}$$

¹⁸ Maynard H.B. (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook" Secc.3 ch 3 "Performance rating" by Clifton A. Anderson. McGraw-Hill Book Co.

donde:

D = Tiempo de funcionamiento de máquina (en horas) por hora.

N = Número de máquinas asignado a un operario.

T_1 = Tiempo de funcionamiento (en horas) para producir una pieza.

C = Tiempo del ciclo para producir una pieza.

$$C = T_1 + T_2 + T_3$$

donde:

T_2 = Tiempo (en horas) empleado por un operario normal para atender o dar servicio a una máquina parada.

T_3 = Tiempo perdido por un operario normal, trabajando a un ritmo también normal, debido a la interferencia.

Otro tipo de retraso inevitable es aquel concerniente a la limpieza del centro de trabajo, así como lo referente a la lubricación de la maquinaria. Con frecuencia los elementos "limpiar la estación de trabajo" y "lubricar la máquina", se manejan dando al operador 10 ó 15 minutos al final del día en que se realiza el trabajo.

También se considera un retraso inevitable el tiempo que se requiera para poder suministrar la potencia de arranque a la maquinaria, aunque esto generalmente ocurre una vez por jornada de trabajo.

2.6.4. Retrasos especiales. Son aquellos que no los puede cubrir un estudio de tiempos, pues sólo deben de ocurrir en situaciones muy especiales y fuera del control de los operarios y de la empresa, como podrían ser accidentes de trabajo, fallas en el suministro de energía eléctrica, visitas sociales, suspensiones del trabajo indebidas e inactividad distinta del trabajo normal.

Por último agregaremos, que la tolerancia se acostumbra expresarla en forma de multiplicador, de modo que el tiempo normal, que consiste en elementos de trabajo productivo, se pueda ajustar al tiempo de margen, por ejemplo si se tuviera que asignar una tolerancia del 11% a una operación dada, el multiplicador sería 1.11.

2.7 El tiempo estándar.

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y traba-

jando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación. Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos.

Los tiempos elementales permitidos o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio transcurrido, por un factor de conversión. De esto se obtiene la expresión¹⁷:

$$T_e = (M_e) (C) (Tol) .$$

donde:

T_e = Tiempo elemental estándar
 M_e = Tiempo elemental medio observado.
 C = Factor de calificación de la

actuación.

Tol = Factor de la tolerancia o margen aplicable (1 + el porciento de tolerancia.)

Por ejemplo, si el tiempo elemental medio observado en un estudio de tiempos fue de 0.35 min, el factor de calificación fue de 1.1 y el factor de tolerancia es de 1.15, el tiempo elemental estándar será de:

$$T_e = (0.35) (1.1) (1.15) = .443 \text{ min.}$$

Los tiempos elementales estándar se redondean a tres cifras.

La suma de los tiempos elementales dará el estándar en minutos por pieza o en horas por pieza, y debido a que la mayor parte de las operaciones industriales tienen ciclos relativamente cortos, en general es más conveniente expresar los estándares en función de horas por centenar de piezas.

Para hallar la eficiencia del operario se debe de dividir el trabajo realizado (expresado en horas estándar) entre el tiempo real que necesita para realizar dicho trabajo. Por ejemplo si para una determinada pieza el estándar es de 0.097 horas por cien piezas y el obrero fabrico 9,000 piezas en su jornada, habrá ganado $(9000)(0.097/100) = 8.73$ horas de producción y se eficiencia sería igual a:

$$\frac{8.73 \text{ (horas estándar trabajadas)}}{\text{-----}} = 109 \%$$
$$8.00 \text{ (horas reales de trabajo)}$$

Los anterior puede expresarse matemáticamente como:

$$E = (H_e/H_r) (100)$$

¹⁷ Holmes, W.G.; "Applied time and motion study", revised, Ronald Press Co., New York, 1945, 383 pg.

donde:

E = Eficiencia en %

H_e = Horas estándar ganadas.

H_r = Horas reales de trabajo o

cronometradas.

Existe otro tipo de estándares que se deben de obtener para tener toda la información completa para el estándar de tiempo, estos son los estándares de preparación. Los estándares de preparación comprenden todos los sucesos que ocurren desde el momento en que se termina el trabajo anterior hasta el comienzo del trabajo en la primera pieza del nuevo. También se acostumbra incluir en el estándar de preparación los elementos "preliminares" y de "retiro", que comprenden todos los elementos de trabajo que intervienen desde la terminación de la última pieza hasta la preparación del siguiente trabajo. Los elementos típicos que figurarían en un estándar de preparación son:

- a) Marcar en el control la iniciación del trabajo.
- b) Recoger los planos y dibujos de especificaciones .
- c) Sacar las herramientas del almacén.
- d) Preparar la máquina.
- e) Marcar la terminación del trabajo.
- f) Desmontar el herramental de la máquina.
- g) Entregar las herramientas al almacén.

Para establecer los tiempos de preparación, el analista emplea un procedimiento idéntico al seguido al establecer los estándares para producción.

Es importante recalcar en la necesidad de establecer estándares de tiempo que sean justos, observando una estricta equidad para el trabajador y para la empresa.

Los estándares de tiempo establecidos deben ser comprobados o examinados a intervalos regulares para ver si están de acuerdo con el método que se utiliza.

2.8 Conclusiones.

Para establecer un estándar que sea justo para ambas partes el analista debe de estar consciente de la trascendencia de su labor y debe actuar con justicia en las tres fases del estudio de tiempos (recopilación de información, toma de tiempos y cálculos del estudio).

Así mismo, será conveniente que cada departamento de estudio de tiempos tenga su manual en

el cual establezca las políticas, procedimientos y reglas que deben de ser adoptadas por la compañía para el uso del estudio de tiempos. Esto dará consistencia a través del tiempo a los estudios. Deben de tomarse las ventajas de cada oportunidad de explicar a todos los trabajadores el contenido del manual. El estudio de tiempos no debe de tener nada que ocultar, y si esto se entiende perfectamente, las relaciones entre los ingenieros de estudios de tiempos, supervisores y obreros serán cada vez más armoniosas.

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

CAPITULO 2: "MEDICION DE TIEMPOS"

- 1 Barnes, Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work". 7th.edition John Wiley & Sons. ISBN 0-471-08335-6
- 2 Niebel B.W.; "Motion and time study". 6th. edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976, 719 pg.
- 3 Polk, Edward J.; "Methods analysis and work measurement", McGraw-Hill Book Co. New York. ISBN 0-07-050378-8
- 4 Gilbreth, F.B. & L.M.; "Applied motion study". Sturgis & Walton Co. New York, 1917. 220 pg.
- 5 Gilbeth F.B.; "Motion study", D. Van Nostrand Co., Princeton N.J., 1911, 116 pg.
- 6 Nadler, Gerald; "Applied statistics on motion and time studies". McGraw-Hill Book Co. New York, 1957.
- 7 Shaw, Albert E.; "Time study manual", Erie Works, General Electric Company. New Haven Conn.
- 8 Maynard H.B. (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook". Section 3 Ch. 2 "Stopwatch time study" by William Antis. McGraw-Hill Book Co.
- 9 Connellan Thomas K.; "How to improve human performance: behaviorism in bussiness and industry" Harper & Row, New York, 1978. 195 pg.
- 10 Nanda, R., G.L. Adler (editors); "Learning curve theory and application". American Institute of Industrial Engineers, Norcross Ga. Official Bulletin.
- 11 Lowry S.M., H.B. Maynard & G.J. Stegemerten; "Time and motion study and formulas for wage incentives. 3rd edition. McGraw-Hill Book Co. 1940, 432 pg.
- 12 Mundel E. Marvin. "Motion and time study (improving productivity) 5th edition. Prentice-Hall, 1962 737 pg.
- 13 Helland R.E. & Richardson W.J.; "Work sampling", McGraw-Hill Book Co. New York, 1957. 243 pg.
- 14 Gilbreth F.B. & L.M.; "Fatigue Study", 2nd edition. Macmillan Co., New York 1919, 175 pg.

15 International Labour Office-Vol XII Zurich, Switzerland. UN-Press.

16 Maynard H.B. (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook" Secc.3 ch 3 "Performance rating" by Clifton A. Anderson. McGraw-Hill Book Co.

17 Holmes, W.G.; "Applied time and motion study", revised, Ronald Press Co., New York, 1945, 383 pg.

C A P I T U L O 3

"DIAGRAMAS DE PROCESO"

3.1	Introducción	68
3.2	Diagrama de operaciones de proceso	69
3.3	Diagramas de flujo de proceso	74
3.4	Diagrama de recorrido de actividades	81
3.5	Diagrama de proceso hombre-máquina	83
3.6	Diagrama de barras o de Gantt	89
3.7	Conclusión	92
	Bibliografía	93

"DIAGRAMAS DE PROCESO"3.1 Introducción.

El término "diagramas de proceso" se refiere a una familia de representaciones gráficas relativas a un proceso industrial o administrativo. Nos sirven para recoger las peculiaridades de un proceso en forma definida, a fin de adquirir un mejor conocimiento del mismo. Representan gráficamente las fases que atraviesa la ejecución de un trabajo o una serie de actos¹.

Los diagramas de proceso nos proporcionan una descripción sistemática de un proceso o ciclo de trabajo, con suficiente detalle para realizar un análisis que nos permita mejoras en los métodos. Cada miembro de la familia de diagramas de proceso está diseñada para ayudar al analista a visualizar claramente el procedimiento en uso. Los formatos estandarizados de diagramas proporcionarán un lenguaje común para que varias personas puedan visualizar los problemas juntos, con el consecuente intercambio benéfico de ideas. La mayor parte de los diagramas combinan visualizaciones gráficas, escritas o grabadas, que necesitan de la participación total de todas las personas involucradas en el proceso productivo.

Frecuentemente se encuentra la posibilidad de eliminar totalmente ciertas operaciones o ciertas partes de un proceso productivo, de combinar un método con otro, de obtener un recorrido mejor para los materiales, de emplear máquinas más económicas, de eliminar esperas entre operaciones y obtener otras mejoras, todo esto se podrá lograr con mayor facilidad si el ingeniero industrial se auxilia de los diagramas de procesos.

Los cinco pasos para resolver un problema de producción son²:

- 1) Detectar y definir el problema.

¹ Maynard H.B (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook". Section 2 Ch.3 "Process chart procedures" by William Robert Mullee & David B.Porter. McGraw-Hill Book Co.

² Grant, E.L., Ireson W.G. & Leaveworth R.S.; "Principles of engineering economy", 6th edition. John Wiley & sons, New York 1976, 624 pg.

2) Obtener una visualización detallada y minuciosa acerca de la situación que guarda el proceso industrial a estudiar.

3) Cuestionarse con mente abierta sobre las posibles fallas o ineficiencias en las cuales esten incurriendo las personas involucradas en los procesos. Es de gran importancia que nunca se de por hecho que los métodos empleados son los correctos, si antes no se han evaluado las posibles alternativas.

4) Desarrollar e implementar un método mejorado, que asegure una mejoría en materia de eficiencia y productividad del proceso.

5) Poner en marcha la propuesta.

Los diagramas de proceso son de gran ayuda para resolver el paso 2, sin embargo frecuentemente, proporcionan los datos suficientes para solucionar satisfactoriamente los pasos 3 y 4.

Los diagramas de proceso son excelentes herramientas para la presentación de propuestas de métodos mejorados a la gerencia de cualquier nivel.

En el análisis de métodos se emplean comúnmente cinco diagramas de proceso, cada uno de los cuales tiene aplicaciones específicas. Ellos son:

- 1) Diagrama de operaciones de proceso.
- 2) Diagrama de flujo de proceso.
- 3) Diagrama de recorrido de actividades.
- 4) Diagrama de proceso hombre-máquina.
- 5) Diagrama de barras o de Gantt.

A lo largo del presente capítulo, se expondrá cada uno de los diagramas anteriormente mencionados.

3.2 Diagrama de operaciones de proceso.

Un diagrama de operaciones de proceso muestra el orden cronológico de todas las operaciones, inspecciones y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de materia prima hasta el arreglo final del producto terminado. Debe de señalarse la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el producto principal.

Este diagrama debe representar gráficamente los puntos a los cuales los materiales son introducidos en el proceso y de la secuencia de las inspecciones y de todas las operaciones exepcto todas aquellas que involucren manejo de materiales.

Este diagrama sólo emplea tres símbolos: un círculo pequeño, que usualmente tiene 10 mm. de diámetro, para representar una operación, un cuadrado, de también 10 mm por lado, para representar

una inspección, y un tercer símbolo que es el combinado de ambos. Se utiliza cuando suceden operaciones e inspecciones en forma simultánea, de forma que es difícil distinguir cuando principia una y cuando finaliza la otra, el símbolo es un círculo inscrito dentro de un cuadrado.

Una operación ocurre cuando un objeto es transformado intencionalmente en sus características físicas o químicas, es ensamblado o desensamblado de otro objeto, o es preparado para una operación, un transporte, una inspección o un almacenamiento. Una operación también ocurre cuando alguna información es dada o recibida o cuando se efectúan cálculos o planes³.

Una inspección ocurre cuando un objeto es examinado para verificar si la cantidad y la calidad de un producto en alguna de sus características cumple con la norma o estándar previamente establecida para tal efecto.

Se debe de utilizar líneas verticales para indicar el flujo o curso general del proceso a medida que se realiza el trabajo, y se utilizan líneas horizontales que entroncan con las verticales para indicar la introducción de un subensamblable o material, ya sea proveniente de una operación paralela, o bien, de compras o almacén de materias primas.

La figura adjunta 3-1 representa los principios de la construcción de un diagrama de operaciones, así como la forma de introducir el material a un proceso. Es importante notar en la figura la forma en que se deben de numerar las operaciones e inspecciones. A los eventos que ocurren en el ensamble principal les corresponde los primeros números, hasta encontrar un subensamble, entonces la numeración sube al primer evento de este subensamble y baja hasta retornar al ensamble principal. Este orden se sigue para todo el diagrama.

En caso de que fuese necesario de que una línea horizontal de material y una línea vertical de flujo tuviesen que cruzarse accidentalmente, debe de dibujarse un pequeño semicírculo en la línea horizontal con centro en el punto donde cortaría a la línea vertical de flujo para indicar que no existe intersección alguna entre ambas líneas.

Debido al amplio rango de aplicaciones, no existe ninguna forma preimpresa para diagramas de operaciones de proceso, una hoja blanca puede ser utilizada.

³ ASME standard 101; "Operation and flow process charts" published by the American Society of Mechanical Engineers, ASME Press, New York 1947.

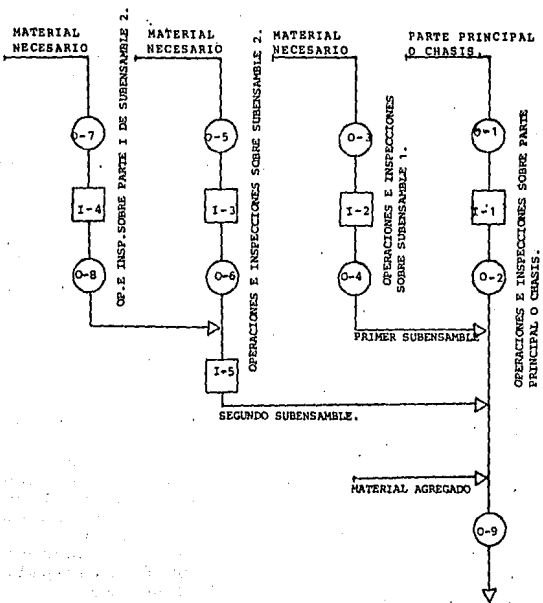


FIG.3-1. "PRINCIPIOS DE CONSTRUCCION DE UN DIAGRAMA DE OPERACIONES."

Todos los pasos deben de enlistarse en secuencia lógica, de arriba hacia abajo. El componente principal o chasis, si es el caso, se coloca a la extrema derecha, y todos los demás componentes son dibujados a la izquierda del componente principal. En caso de no existir parte principal o chasis puede elegirse éste arbitrariamente.

A la izquierda de los símbolos de operación e inspección deben de anotarse los valores de tiempo que cada paso requirió. Estos valores son frecuentemente expresados en décimas de minuto y ayudarán a evaluar la importancia de cada paso en términos de ahorros potenciales. Es importante que, dependiendo del grado de exactitud con el que se desee analizar el proceso se anoten o no las operaciones cortas o poco importantes del proceso.

La figura 3-2 nos ilustra un diagrama de procesos de operaciones para la elaboración de tubo de concreto armado de 1.2 m. de diámetro y es importante observar en él la forma en que se provee de material al proceso conforme avanza el diagrama. Debemos también notar que en algunas ocasiones cuando las inspecciones no requieren cantidades importantes de tiempo, puede omitirse el tiempo que duran éstas.

El diagrama de proceso de operaciones es una valiosa ayuda para visualizar en todos sus detalles el método presente, y nos proporciona una herramienta útil para vislumbrar nuevos y mejores procedimientos. Este diagrama nos puede indicar el efecto que tendría el cambio en una operación dada sobre las operaciones precedentes o subsecuentes.

Debido a que este diagrama indica la afluencia general de todos los componentes que entrarán en un producto en un orden cronológico, puede ser muy valioso en la planeación de la distribución del equipo en la planta.

Con sólo cuatro consideraciones principales, (materiales, operaciones, inspecciones y tiempos), este diagrama nos permite concentrarnos más en estos puntos sin perdernos con otros factores que también ocurren en el proceso.

Es importante señalar que en ocasiones la naturaleza del proceso impide que pueda ser descrita la operación en pocos renglones, en estos casos, debe de ponerse un código a un lado del símbolo del elemento; y en una hoja anexa, hacer la descripción completa de cada elemento, cada uno correspondiendo a su código respectivo.

Una vez realizado el diagrama, todas las alternativas para el material como tolerancias y acabados deben ser evaluadas en base a rentabilidad, servicio y costo. A continuación, las operaciones son consideradas para posibles alternativas de pro-

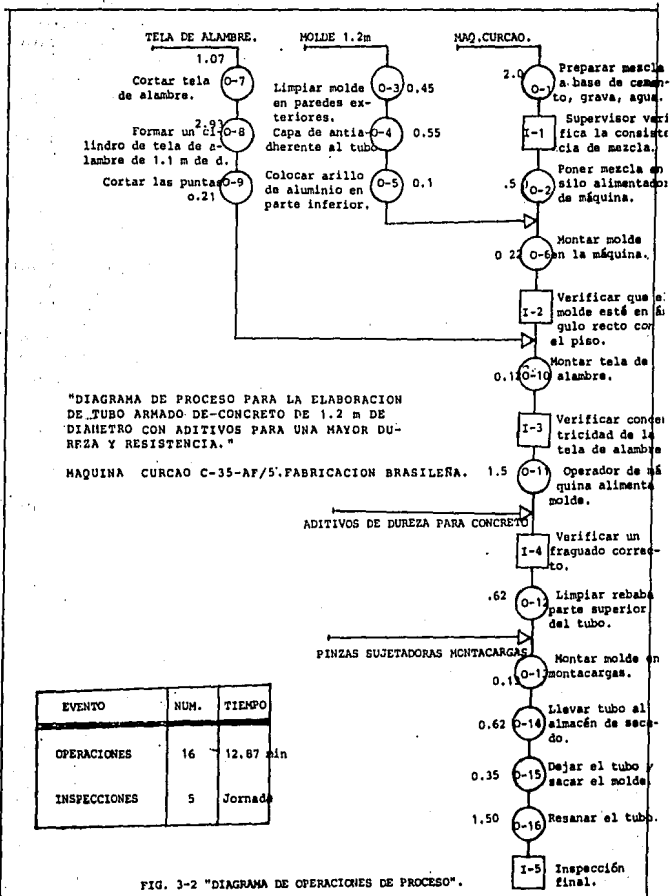


FIG. 3-2 "DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO".

ceso, de maquinado, de fabricación o de ensamble y para cambios en la herramienta y equipo. Debe de considerarse si alguna operación puede eliminarse, combinarse, cambiarse o simplificarse.

3.3 Diagramas de flujo de proceso.

Un diagrama de flujo de proceso es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que ocurren durante el proceso o procedimiento⁴.

En este diagrama se utilizan otros símbolos además del de operación e inspección empleados en el diagrama de operaciones, ellos son: transporte, demora y almacenamiento.

Una pequeña flecha indica transporte. Tiene lugar un transporte cuando un objeto es movido de un lugar a otro, excepto cuando dicho movimiento forma parte de la operación o es causada por el operario en la estación de trabajo durante una inspección⁵. Los trayectos de 1.5 m o menos no se registran a menos que el analista considere que repercutirán en forma importante en el desarrollo del proceso productivo que se estudia.

Un símbolo como la letra D mayúscula indica demora o retraso, el cual ocurre cuando no se permite a una pieza ser procesada inmediatamente en la siguiente estación de trabajo.

El almacenamiento se representa por medio de un triángulo equilátero puesto sobre su vértice. Un almacenamiento ocurre cuando un objeto es retirado y protegido contra un traslado no autorizado.

Cuando dos actividades son efectuadas simultáneamente se dice que son combinadas. Por ejemplo si se lleva a cabo una operación y una inspección en la misma estación de trabajo, se utiliza el cuadrado de inspección con el círculo de operación inscrito dentro del cuadrado.

El diagrama de flujo de proceso puede ser de dos tipos:

- a) de materiales.
- b) de personas.

El primero se utiliza para seguir los pasos que se realizan sobre un componente o material

4 Barnes Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work". 7th edition. John Wiley & sons 689 pg.

5 ASME Standard 101; "Operation and flow process charts", published by the American Society of Mechanical Engineers, ASME Press, New York 1947.

durante el proceso y es muy útil para analizar los procesos productivos, y el segundo para seguir a una persona indicando todas las actividades que realiza siendo este tipo de diagrama idóneo para operaciones de mantenimiento o servicio.

El diagrama debe de estar plenamente identificado, por lo que es importante anotar en él la mayor cantidad de información pertinente como tipo de proceso, departamento, tipo de producto que se elabora, si el método es el actual o el propuesto y comentarios análogos. Entre más información pueda contener más útil será en el futuro.

La hoja de diagramación puede tener una sola columna destinada a los símbolos de flujo, o bien cinco columnas cada una representando operación, transporte, inspección, demora y almacenamiento. En caso de ser de una columna el analista deberá dibujar el símbolo pertinente en cada paso, si es de cinco bastará con trazar una línea hasta el símbolo adecuado.

A la derecha de la columna de símbolos deberán aparecer dos casilleros, uno para anotar el tiempo que requiere el elemento y otro para registrar la distancia que se recorre.

Una vez que toda la información necesaria ha sido obtenida y escrita en la parte superior del diagrama, se procede a iniciar con el primer símbolo de evento.

Inmediatamente se escribe a la derecha y en el espacio especialmente colocado para ello, una descripción del evento. La descripción debe ser breve.

Una vez registrado el primer paso, se traza una línea hacia abajo, vertical en caso de ser diagrama de una columna, o bien, hasta el símbolo inmediato inferior adecuado si es de cinco columnas.

Se continua este procedimiento de diagramación registrando todas las operaciones, inspecciones, demoras, almacenamientos permanentes o temporales que ocurran durante el proceso. Se numeran cronológicamente todos los eventos, siguiendo una numeración particular para cada tipo. Por ejemplo, si el primer evento del proceso es un almacenamiento, deberá asignársele el número 1, pero si a continuación se encuentra una demora deberá asignársele también el número 1, puesto que cada símbolo tiene su secuencia particular. En el momento en que aparezca otra demora podrá asignársele el número 2.

Al emplear un diagrama de una columna, la flecha de transporte debe utilizarse para indicar el sentido de la circulación. Cuando hay flujo en línea recta, se coloca el símbolo con la flecha apuntando a la derecha del papel. Cuando el proceso

se invierte o retrocede, el cambio de sentido o dirección se indicará dibujando la flecha de modo que apunte a la izquierda. Si el proceso se efectúa en un edificio de varios pisos, una flecha apuntando hacia arriba indica que el proceso se efectúa siguiendo esa dirección, y una flecha que apunte hacia abajo indicará que el flujo del trabajo es descendente.

Bajo ninguna circunstancia debe de intentarse elaborar este diagrama con la mente. Debe de recopilarse la información siguiendo físicamente el proceso.

Este diagrama contiene más detalles que el diagrama de operaciones explicado en el inciso anterior del presente capítulo y es sumamente útil para descubrir costos ocultos como distancias recorridas, retrasos excesivos y almacenamientos temporales. Una vez localizados estos pasos no productivos, el ingeniero podrá proceder a mejorarlos. Por ejemplo, la figura 3-3 nos muestra el diagrama de flujo de proceso global, para la misma operación de elaborar tubo armado de concreto del diagrama de operaciones de proceso de la figura 3-2. Es evidente que el diagrama de flujo de proceso nos revela más detalles acerca de la operación. Esto se debe a que en el diagrama de flujo de proceso global podemos incluir los transportes, las demoras y los almacenamientos. Con esta información podemos realizar un análisis más exhaustivo del proceso.

La figura 3-4, nos muestra un diagrama de flujo de proceso típico de una columna que representa los eventos necesarios para realizar el parchado de una llanta que ha sido perforada por algún objeto punzocortante, en una llantera con instalaciones normales. Se debe tratar de registrar el mayor número posible de eventos para realizar un análisis más completo. Es importante hacer notar la conveniencia de escribir un resumen de actividades como el mostrado en la figura para detectar si algún tipo de evento ocurre demasiadas veces o consume un tiempo excesivo. En caso que sea detectada esta situación se debe proceder a hacer las mejoras correspondientes en el método.

Cada diagrama debe de contener lo que el criterio del analista considere como lo más representativo de la operación, es por ello que dos dia-

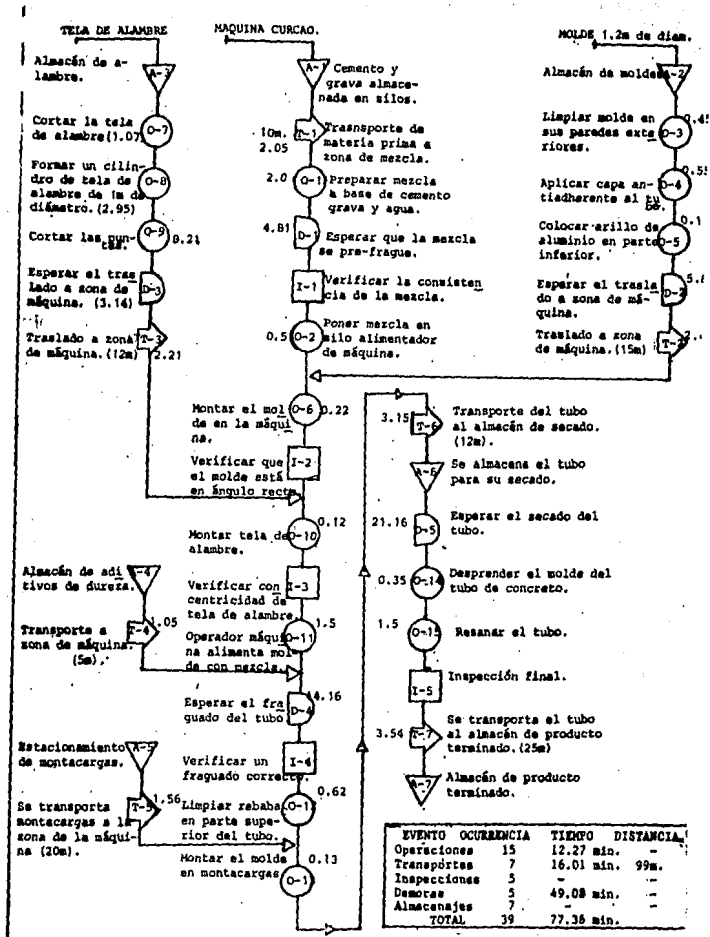


FIGURA 3- 3 77

"DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA LA REPARACION DE UN NEUMATICO PERFORADO."

EVENTO.	NUMERO	TIEMPO	DIST.
Operaciones	15	10.27	-
Inspecciones	3	0.67	-
Act. Combinadas	1	0.16	-
Transportes	4	0.56	14.5m
Almacenamientos	1	-	-
Demoras	4	2.3	-

Distancia(m)	TIEMPO	EVENTO	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD.				
	1.02	1	Montar vehículo sobre la plataforma neumática.		0.21	10	Aplicar cemento para parche.
	0.31	1	Verificar que ruedas del vehículo estén en puntos seguridad rampa.		0.36	11	Adherir parche a la llanta.
	0.35	1	Esperar que plataforma eleve vehículo.		0.21	2	Verificar la completa adhesión del parche y el cubre superficie perf.
	1.52	2	Quitar tapón y desmontar llanta con pistola neumática.		0.57	12	Passar el planchador de parches
4 m	0.13	1	Llevar la llanta a zona de trabajo.		1.03	2	Esperar el secado del parche.
	1.40	3	Introducir llanta en pileta de agua para localizar lugar de fuga.	3.25m	3.25	3	Llevar la llanta al desmontador neumático
	0.18	4	Sacar llanta del recipiente y marcar con gis lugar de fuga.		0.45	13	Juntar la llanta con el rhin con ayuda de leva mecánica.
	0.42	5	Quitar pivota y dejar escapar aire.		0.32	14	Poner pivota y colocar compresora para inflar.
	0.34	6	Montar llanta en desmontador neumático.		0.51	3	Esperar el inflado a la presión requerida.
	0.45	7	Introducir leva mecánica en llanta para separar de rhin.	4.0 m	0.15	4	Llevar llanta a plataforma neumática junto a vehículo.
3.25m	0.14	2	Llevar llanta a zona de parchado.		1.83	15	Montar llanta en vehículo con pistola neumática.
	0.25	8	Localizar y sacar clavo de la llanta.		0.15	3	Verificar que las tuercas están bien apretadas.
	0.95	9	Limpiar lugar donde se colocará parche con raspadora de aire.		0.41	4	Esperar que vehículo descienda de la rampa.
	0.16	1	Limpieza de residuos con compresora e inspección de limpieza total en superficie.			1	Poner vehículo en zona de entrega hasta que el cliente presente comprobante de pago.

FIG. 3-4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO I.

gramas de una misma operación pueden tener algunas diferencias y sin embargo, ambos estar correctos.

La figura 3-5 es un diagrama de cinco columnas que nos presenta el diagrama de flujo de proceso para el abastecimiento de combustible a un vehículo automotor en un expendio típico. Los diagramas de cinco columnas tienen la ventaja que pueden ser elaborados sobre formas preimpresas, por lo que el analista se evita el trabajo de dibujar cada símbolo.

Una vez terminado el diagrama debe procederse a hacer un análisis detallado del mismo, con el objeto de eliminar los costos ocultos de un componente.

Una forma sistemática de analizarlo es cuestionándose así mismo cinco preguntas básicas: cuál, donde, cuando, quién y cómo. Las preguntas, en su lógica secuencia y su acción esperada se enumeran a continuación:

Pregunta:

1.- Cuál es el propósito ?

Acción esperada:

Eliminar actividades innecesarias.

2.- Dónde debe hacerse ?

Acción esperada:

Combinar o cambiar de lugar.

3.- Cuándo debe hacerse ?

Acción esperada:

Combinar o cambiar tiempos o secuencia.

4.- Quién debe hacerlo ?

Acción esperada:

Combinar o cambiar operario.

5.- Cómo debe hacerse ?

Acción esperada:

Simplificar o mejorar el método.

3.3.1. Diagramas de flujo de proceso globales.

En muchas ocasiones, es necesario hacer un diagrama de operaciones que contenga los eventos de demora, transporte y almacenaje, ya que representan una parte muy importante del costo total de la actividad, esto es especialmente cierto en operaciones que involucran hombres trabajando en grupos o si existen varios subensambles en un producto, en estos casos, será de mucho valor poder visualizar la interrelación entre todos ellos y es por ello que se diseñó el diagrama de flujo de proceso global. El diagrama de flujo de global está diseñado para poder visualizar la acción sobre un ensamble o con-

junto y no sólo sobre una pieza o un hombre, como el diagrama descrito en el inciso anterior.

El diagrama de flujo de proceso global o multicolumnas es una combinación del diagrama de operaciones de proceso y del diagrama de flujo regular. Este tipo de diagramas representan una ayuda invaluable para el analista que desea hacer un estudio verdaderamente exhaustivo de todos y cada una de las operaciones involucradas.

La figura 3-6 nos ilustra un ejemplo del diagrama de flujo de proceso global. En ella se ilustra la elaboración de galletas marías en una fábrica convencional y se puede notar en la figura la gran cantidad de información sobre la operación que este diagrama proporciona al analista.

Asimismo, la figura 3-3 previamente citada nos muestra el diagrama de flujo de proceso global para la elaboración de tubos de concreto armado.

3.4 Diagrama de recorrido de actividades.

El diagrama de recorrido es un croquis de la distribución de la planta y edificios en el cual se muestra la localización de todas las actividades del proceso. La ruta del movimiento del material o de la persona se traza sobre el plano con una línea. Cada actividad es localizada e identificada en el diagrama de recorrido con un símbolo y un número correspondiente, usualmente este símbolo y número es el mismo del diagrama de flujo de proceso para la actividad. La dirección del movimiento se muestra por medio de flechas que indican hacia donde tiene curso el proceso.

Si un movimiento regresa por la misma ruta por la que se fue, o es repetida en la misma dirección, deben de dibujarse líneas separadas para cada movimiento, con el objeto de poner énfasis en estos lugares de congestión potencial.

Cuando se desea hacer un diagrama que muestre los movimientos de más de un material o persona en el mismo diagrama de recorrido, cada uno debe de identificarse líneas y símbolos de color diferente. También puede darse el caso de usar un color para el método actual y otro para el método propuesto.

El diagrama de recorrido de actividades es muy útil para poder visualizar dónde habría lugar para introducir una instalación o dispositivo que permita acortar la distancia, igualmente, nos puede servir para considerar posibles áreas de almacenamientos, ya sean temporales o permanentes, estacionamientos de inspección y puntos de trabajo.

" DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO CON CINCO COLUMNAS RELATIVO AL ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE A UN VEHICULO EN UN EXPENDIO CONVENCIONAL."

DIST.	TIEMPO	OPERA.	TRANSP	INSP.	DEMORA	ALMAC.	DESCRIPCION DEL ELEMENTO.
	0.04	○	➔	□	D	▽	Verificar que el auto se encuentra aparcado a una distancia alcanzable por la manguera de la bomba.
	0.21	○	➔	□	D	▽	Pedir llave al conductor y preguntar la cantidad de servicio.
	0.42	○	➔	□	D	▽	Quitar el tapon del tanque del vehiculo.
3 m	0.18	○	➔	□	D	▽	Ir por la manguera de la bomba, verificar que ésta se encuentre en cercos.
		○	➔	□	D	▽	Gasolina almacenada en depósito.
	0.09	○	➔	□	D	▽	Introducir manija de manguera en tanque del vehiculo y accionar la válvula de flujo.
	2.03	○	➔	□	D	▽	Esperar al llenado del tanque.
	0.94	○	➔	□	D	▽	Llenar bien el tanque y remover la manguera de gasolina.
	0.21	○	➔	□	D	▽	Cerrar el tanque.
	0.62	○	➔	□	D	▽	Verificar un cerrado hermetico.
3 m	0.21	○	➔	□	D	▽	Llevar manguera a bomba y colocarla en posición vertical
	0.76	○	➔	□	D	▽	Pedir dinero y dar cambio.
	0.04	○	➔	□	D	▽	Verificar que el monto pagado sea el correcto.

RESUMEN: OPERACIONES 6 2.63 min.
 TRANSPORTES 2 0.39 min.
 INSPECCIONES 3 0.14 min.
 DEMORAS 1 2.03 min.
 ALMACENAJES 1

FIG. 3-5 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO 5 COLUMNAS.

permanece inactivo mientras la máquina está en funcionamiento. No sólo conviene eliminar el tiempo inactivo del operario, sino también mantener la máquina en funcionamiento tan próximo a su capacidad como sea posible.

Con el objeto de poder eliminar los tiempos de espera del operario y de la máquina fue creado el diagrama de proceso hombre-máquina.

Es importante señalar que los diagramas de operación y flujo de proceso anteriormente explicados se usan primariamente para estudiar un proceso o secuencia de operaciones completo, mientras que el diagrama de proceso hombre-máquina se emplea para estudiar, analizar y mejorar sólo una estación de trabajo. Este diagrama debe indicar la relación exacta en tiempo entre el ciclo de trabajo de una persona y el ciclo de operación de su máquina. Con estos hechos claramente expuestos, existirá una mayor posibilidad de una utilización completa de los tiempos de hombre y de máquina.

Lo primero que se debe hacer para eliminar los tiempos de espera del operario y de la máquina es detectar con gran exactitud cuánto trabaja el operario y cuándo la máquina y lo que hace cada uno. La mayor parte de las operaciones hombre-máquina incluyen tres fases principales:

- a) Preparar. (como poner el material en la máquina)
- b) Realizar. (ejecutar el trabajo).
- c) Retirar o limpiar. (como sacar de la máquina las piezas terminadas.).

Debido a que en la actualidad muchas máquinas están completamente automatizadas, el operario de este tipo de instrumentos permanece generalmente inactivo durante alguna porción del ciclo de trabajo. La utilización de este tiempo de inactividad puede aumentar la retribución del operario y mejorar la eficiencia de la producción.

En la elaboración del diagrama hombre-máquina el analista deberá titular su diagrama en la manera usual e inmediatamente debajo debe de anotar la información que se considere pertinente, como fecha, tipo de proceso, número de dibujo, si el método es el actual o el propuesto. Al igual que en los otros diagramas es deseable anotar la mayor cantidad de información posible.

Debido a que los diagramas de hombre-máquina se trazan siempre a escala, se deberá seleccionar una escala de tiempos adecuada, de manera que la representación este bien proporcionada en la hoja. Entre más tiempo dure el ciclo de la operación por diagramar, menor deberá ser la longitud elegida para una fracción decimal de hora. Una vez que se han establecido los valores exactos de escala re-

presentativa, en centímetro por unidad de tiempo, el analista podrá comenzar el diagrama. A la izquierda debe de indicarse una descripción breve de las operaciones en la columna designada como descripción de los elementos. Un poco más a la derecha debe de anotarse el tiempo necesario para realizar el elemento. Por lo general este tiempo se expresa en decimales o centésimales de hora. Debe de trazarse una línea vertical con subdivisiones proporcionales al tiempo que necesita la operación junto a los valores numéricos de los tiempos. El tiempo de trabajo del obrero se representa con una línea vertical continua. La interrupción o discontinuidad de tal línea representa el tiempo muerto del operario. De la misma manera, una recta vertical continua bajo el nombre de cada máquina representa el tiempo de trabajo de máquina y la interrupción de dicha línea vertical indica su tiempo muerto. Los tiempos para preparar la máquina y para retirar o limpiar se indican por medio de un trazo punteado bajo la columna de la máquina, para indicar que ésta última no está inactiva, pero tampoco se está efectuando algún tipo de producción. El tiempo en que la máquina esté ociosa se llama "tiempo muerto" y se representa por un espacio en blanco en el diagrama.

La figura 3-8 representa un diagrama de proceso hombre-máquina para la operación de torneado de corona de un árbol de levas. La escala de tiempo seleccionada son centésimos de hora.

Todos los elementos de tiempo de ocupación y tiempo de inactividad se grafican hasta la terminación del ciclo. Al final del diagrama se indica el tiempo total de trabajo y el tiempo muerto del operario. De la misma manera se registra el tiempo productivo y el tiempo muerto de cada máquina. El tiempo productivo más el tiempo inactivo del obrero debe de ser igual a la suma de los tiempos productivos y muertos de cada una de las máquinas.

Puede observarse que se necesitan los tiempos de cada uno de los elementos de la operación para poder llevar a cabo el diagrama hombre-máquina. Estos tiempos deberán ser tiempos estándares, obtenidos tal como se indica en el capítulo anterior del presente trabajo.

Este diagrama muestra claramente las áreas en las que ocurren tiempos muertos tanto de máquinas como de hombres. Estas regiones son generalmente un buen lugar para empezar a originar mejoras efectivas.

En muchas ocasiones es engañoso encontrar cantidades apreciables de tiempo muerto de hombre. En ocasiones, es más conveniente o económico que un trabajador esté inactivo durante una parte de un

"DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MAQUINA, ANALISIS DE UN OPERARIO Y DOS MAQUINAS
PARA LA OPERACION DE TORNEADO DE LA CORONA PARA ARBOL DE LEVAS."

DESCRIPCION DE ELEM.	OPERARIO	MAQ. ALLISON.	MAQ. CHAMBERS.
Parar máquina Allison	0.0009		
Acercar con volante de mando la pieza.	0.0012		
Desmontar la pieza de la mesa porta-herramientas.	0.0016		
Poner pieza nueva en mesa porta-herramientas.	0.0025		
Arrancar maq. Allison.	0.0005		
Poner en marcha sistema de pre-programación de torneado	0.0013		TIEMPO MUERTO.
Ir a la máquina Chambers.	0.0017		
Detener máquina Chambers.	0.0011		
Acercar con volante de mando la pieza.	0.0015		
Desmontar la pieza de la mesa porta-herramientas.	0.0019		
Poner pieza nueva en la mesa porta-herramientas.	0.0029		
Arrancar maq. Chambers.	0.0007		
Poner en marcha sistema de pre-programación de torneado	0.0011		
Ir a máquina Allison.	0.0016		

<p>DESCARGAR (.0037)</p> <p>CARGAR (0.0043hrs)</p> <p>TIEMPO MUERTO</p>	<p>DESCARGAR (0.0045 hrs)</p> <p>TIEMPO MUERTO</p> <p>CARGAR (0.0047 hrs)</p>	<p>TIEMPO MUERTO.</p> <p>DESCARGAR (0.0045 hrs)</p> <p>DESCARGAR (0.0045 hrs)</p>
---	---	---

<p>Tiempo muerto op./ciclo= 0.000</p> <p>Tiempo de trabajo op/ciclo= 0.0205.</p>	<p>RESUMEN:</p> <p>MAQ. ALLISON:</p> <p>Tpo. muerto= .0029</p> <p>Tpo. trabajo= .0176</p> <p>.0205</p> <p>MAQ. CHAMBERS.</p> <p>Tpo. muerto= .0032</p> <p>Tpo. trabajo= .0173</p> <p>.0205</p>
--	--

FIG. 3-8 DIAGRAMA HOMBRE-MAQUINA.

ciclo, que lo esté un costoso equipo o proceso, aún durante una pequeña porción de un ciclo. Con el objeto de asegurarse en cualquier propuesta, el analista debe conocer el costo de la inactividad de una máquina, así como el de inactividad de un obrero. Únicamente cuando se considera el costo total, el analista puede decidir cual método le conviene⁷.

Este diagrama debe de elaborarse cuando se detecte que el ciclo de trabajo del operario es más corto que el ciclo de operación de la máquina, esto es, que el operario tiene tiempos muertos en los que permanece prácticamente ocioso. El caso inverso de exceso de tiempo muerto en maquinaria también amerita la elaboración de un diagrama de operación hombre-máquina.

Una vez hecho el diagrama, el sitio por donde debe de buscarse las posibles mejoras en el método es la porción correspondiente a los periodos de inactividad del operario. De acuerdo al valor de este tiempo, el analista debe considerar la posibilidad de asignar al operario una mayor actividad, ya sea asignándole una máquina adicional durante el tiempo muerto o bien, asignarle la ejecución de una operación manual paralela como podría ser limpieza, mediciones o control de calidad.

En resumen, podemos decir que el diagrama hombre-máquina se utiliza para calcular el número más económico de máquinas que debe atender un operario.

3.5.1. Diagrama de proceso hombre-máquina para grupo.

Este diagrama es básicamente una variante del diagrama hombre-máquina.

En ocasiones, el tamaño de una cierta maquinaria es tan grande que requiere de varios trabajadores para operar dicha máquina. En estos casos es necesario encontrar el número ideal de operarios para que la máquina trabaje eficientemente. El diagrama de proceso hombre-máquina para grupo muestra la relación exacta entre el ciclo de inactividad y de operación de la máquina, y el tiempo muerto y efectivo por ciclo de los operarios que la atienden.

Para elaborar este diagrama, debe comenzarse por poner en la parte superior de la hoja la identificación completa del proceso, si el método es el actual o el propuesto, nombre de quién elabo-

⁷ Destwald, Phillip E.; "Cost estimating for engineering and management". Prentice-Hall, Englewood Cliffs N.J., 1974. 492 pg.

ra el diagrama, fecha, y toda información que sea pertinente.

Al igual que en diagrama hombre-máquina regular, se debe de seleccionar una escala de tiempo que pueda representarse completamente en la hoja del diagrama.

La siguiente figura 3-9 nos muestra un diagrama de proceso para grupo.

FIG.3-9 DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MAQUINA PARA GRUPO, ACERCA DE PRESA HIDRAULICA DE EXTRUSION.

MAQUINA.		OPERADOR PRESA.		AYUDANTE DE OPE- RADOR DE PRESA.		SACADOR DE MAQUETAS.		RETIRADOR	
OPERACION	TPO.	OPERACION	TPO.	OPERACION	TPO.	OPERACION	TPO.	OPERACION	TPO.
Elevar lingote	.07	Elevar lingote	.07	Engrasar dado y devolverlo	.12	Colocar cas- quillo en pre- sa pequeña.	.1	Tirar de vís- tara o barra	.02
Colocar lingo- ta	.08	Colocar lingo- ta	.08	al cabezal		Expulsar ma- queta aplican- do presión.	.12	Caminar a pre- sa	.13
coloc.maqueta	.04	Coloc.maqueta	.04	Ir al horno.	.05				
Levantar pre- sión.	.05	Levantar pre- sión	.05	Redisponer lingotes en el horno.	.2	Botar al cas- quillo.	.18	Tomar barra y retirar con tenazas	.15
				Regreso a pre- sa.	.05	Botar maqueta y dejar tenazas.	.2		
Extrusionar	.45	Extrusionar	.45	TIEMPO MUERTO.				Regresar a prensa	.45
Soltar dado.	.06	Soltar dado.	.06			Tomar tenazas y llevar a po- sición.	.05		
Aflojar y ex- pulsar casqui- llo	.10	Aflojar y ex- pulsar casqui- llo	.10	Correr afuera cabezal y cas- quillo.	.11	Guiar casquillo de cortador a prensa pequeña	.2		.11
Retirar ariete y fijar dado en cabezal.	.15	Retirar ariete y fijar dado en cabezal.	.15	Extraer dado del extremo.	.05				.09
TIEMPO EFECTIVO=	1.0 min.	1.0 min		.91 min.		.77 min.		1.0 min	
TIEMPO MUERTO =	0	0		.09 min.		.23 min.		0	

A la izquierda del papel se debe de indicar las operaciones que se efectúan en la máquina o en el proceso. Inmediatamente a la derecha se representan gráficamente los tiempos en forma similar

a como se representaron en el diagrama hombre-máquina regular, es decir una línea vertical continua para representar el trabajo productivo, línea vertical punteada para las operaciones de carga y descarga en una máquina. El espacio en blanco entre las líneas verticales de flujo indicará tiempo muerto y la longitud de este espacio será proporcional a la magnitud de dicho tiempo muerto.

La primera columna corresponde a la máquina y el resto de la columnas se le asignan a los diversos operarios que trabajan en ella.

Al final se debe calcular la totalidad del tiempo efectivo y del tiempo muerto de cada columna, con el objeto de determinar el grado de ocupación de la máquina y de los operarios.

Este diagrama se utiliza cuando se detecta que un número de trabajadores mayor al necesario esta siendo utilizado para operar una máquina o proceso. Este diagrama es un medio sumamente útil para determinar el número exacto de obreros necesarios para atender eficazmente una máquina o proceso.

El uso de este tipo de diagramas trae consigo innumerables ventajas, entre las que podemos mencionar: que el equipo instalado en las plantas se utiliza a su capacidad, los costos de mano de obra se reducen, el estado de ánimo de los obreros mejora como resultado de la distribución más equitativa de las tareas o asignaciones de trabajo y una ayuda en la división del trabajo disponible entre los miembros del grupo que opera el equipo con la consecuente determinación de las tareas a asignar a todos los componentes del grupo o cuadrilla.

3.6 Diagrama de barras o de Gantt.

En 1917, Henry L. Gantt, quién trabajaba en un arsenal durante la primera guerra mundial, se dio cuenta de la necesidad de un dispositivo formal para terminar con los problemas de programación y control de operaciones industriales. Para satisfacer esta necesidad ideó el diagrama que lleva su nombre.

En un diagrama de Gantt, las columnas representan el tiempo en una escala dada. Cada columna puede significar un día, una semana, un mes, o cualquier otro intervalo de tiempo dado. Los renglones representan máquinas, personal, departamento o cualquier tipo de recursos que se necesiten para llevar a cabo alguna tarea.

Se traza una línea horizontal delgada que abarca tantas columnas como periodos de tiempo se

piense que necesitará la máquina para lograr el trabajo deseado.

Conforme avanza el proyecto se traza una línea negra más gruesa en la que podremos apreciar el progreso del proyecto con respecto a lo planeado.

Cada máquina tiene su propio lugar de comienzo y terminación. La figura 3-10 nos muestra un diagrama de barras o de Gantt. En esta figura, podemos observar que el período de programación periódica en que debe de ejecutarse el trabajo es semanal. La longitud de las barras gruesas representa la cantidad de tiempo acumulado en el cumplimiento del trabajo por la máquina y la línea recta horizontal fina representa el tiempo planeado durante el cual se cree que la máquina estará ocupada. Los espacios vacíos entre las rectas finas representan periodos de tiempo no consignados o no comprometidos. Estos periodos están disponibles para asignarles nuevas tareas. Cuando las gráficas Gantt estén divididas en días, deben de omitirse los domingos y los días festivos y sólo deben de aparecer los días laborables.

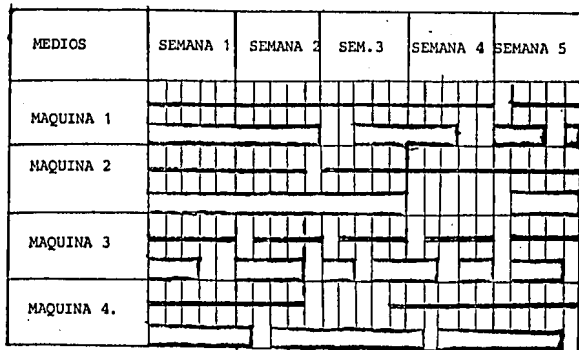


FIG.3-10 DIAGRAMA DE BARRAS O DE GANTT.

Otra de las aplicaciones más importantes de los diagramas de barras o de Gantt, es aquella relativa a la asignación de máquinas a un trabajador, en situaciones donde la máquina requiere de mano de obra externa sólo al momento de prepararse para sus ciclos automáticos, como es el caso de un torno programado, donde el operario sólo necesita cambiar la pieza de trabajo y el torno ya está programado para trabajar la pieza en forma automática.

Esta situación puede analizarse mediante un diagrama de barras en donde la longitud de las barras del diagrama deben estar de acuerdo a una escala horizontal de tiempo. Las barras ashuradas representan el tiempo de preparación, en el cual se requiere que el operario efectúe trabajo sobre la máquina, y las líneas horizontales delimitadas por dos líneas verticales pequeñas a 90°, representan el tiempo en que la máquina trabaja automáticamente.

La manera de determinar la cantidad de máquinas de un mismo tipo que puede operar un trabajador está determinado por la siguiente fórmula:

$$\frac{T_p + T_m}{T_p} = M_a \quad (1)$$

donde:

T_p = Tiempo del operario necesario para preparar la máquina.

T_m = Tiempo de funcionamiento automático de la máquina.

M_a = Número de máquinas que el trabajador podrá operar sin incurrir en interferencia. (La interferencia ocurre cuando por exceso de trabajo asignado al obrero, alguna máquina permanece ociosa e improductiva.)

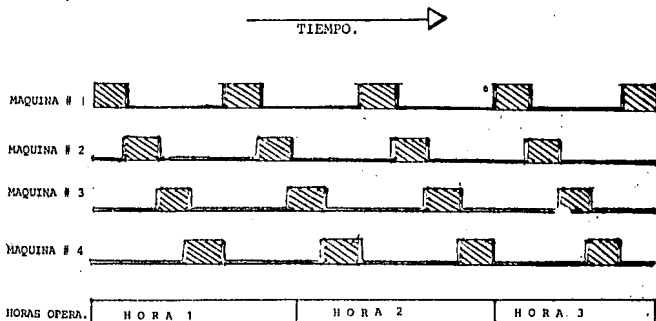


FIG.3-11 "DIAGRAMA DE GANTT"

B Clark, Wallace; "The Gantt chart", Ronald Press Co. New York, 1923, 157 pg.

La figura 3-11 nos representa la manera en que se le asignó maquinaria de un mismo tipo a un operario en un centro de trabajo.

El tiempo de preparación de cada máquina es de 10 min. (0.1667 hr.) y el tiempo de trabajo interno de la máquina es de 30 min. (½ hr.).

En este caso $T_p = 10$ y $T_m = 30$

La escala utilizada en la figura 3-11 es tal que 1 cm = 10 min.

Por lo tanto según la fórmula (1) tenemos:

$$M_m = \frac{10 + 30}{10} = 4$$

El operario podrá manejar cuatro máquinas en forma eficiente como se puede observar en la figura 3-11.

La virtud principal de un diagrama de Gantt es su sencillez, además de ser sumamente versátil, ya que puede diagramarse trabajadores individuales en lugar de instalaciones y la escala de tiempos puede también ser de cualquier tipo de período. El formato de barras es suficiente para problemas sencillos de planeación en operaciones de producción que involucren un mínimo de interrelaciones.

3.7 Conclusión.

Es muy importante que el analista de métodos conozca las funciones específicas de cada uno de los diagramas anteriormente expuestos, ya que son una herramienta muy poderosa que inevitablemente conducen al establecimiento de mejoras en los métodos, o bien, al establecimiento de un método completamente diferente, pero más eficientes. Estos diagramas presentan también una ayuda invaluable cuando se necesita una comprensión íntegra del proceso, o cuando se está recabando información.

De lo anterior se concluye que el ingeniero industrial debe familiarizarse con los diagramas a fin de que se encuentre capacitado para aprovechar estos valiosos instrumentos en la resolución de problemas.

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

CAPITULO 3: "DIAGRAMAS DE PROCESO"

1 Maynard H.B (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook". Section 2 Ch.3 "Process chart procedures" by William Robert Mullee & David B. Porter. McGraw-Hill Book Co.

2 Grant, E.L., Ireson W.B. & Leaveworth R.S.; "Principles of engineering economy", 6th edition. John Wiley & sons, New York 1976, 624 pg.

3 ASME standard 101; "Operation and flow process charts" published by the American Society of Mechanical Engineers, ASME Press, New York 1947.

4 Barnes Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work". 7th edition. John Wiley & sons 689 pg.

5 Niebel B.W.; "Motion and time study" 6th ed. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.

6 Oestwald, Phillip E.; "Cost estimating for engineering and management". Prentice-Hall, Englewood Cliffs N.J., 1974. 492 pg.

7 Clark, Wallace; "The Gantt chart", Ronald Press Co. New York, 1923, 157 pg.

C A P I T U L O 4

"MICROMOVIMIENTOS"

4.1	Introducción	95
4.2	Movimientos fundamentales	96
4.3	Realización del estudio de micro- movimientos	103
4.4	Diagrama de proceso mano izquierda- mano derecha	106
4.5	Forma de hacer la película	110
4.6	Implementación del estudio de mi- cromovimientos	115
4.7	Conclusión	116
	Bibliografía	118

"MICROMOVIMIENTOS"4.1 Introducción.

El estudio de micromovimientos es una técnica para registrar y cronometrar una actividad. Esta es la técnica más refinada que puede emplearse en el análisis de un centro de trabajo existente.

Este tipo de estudios son ideales para estudiar ciclos de trabajos cortos que sean altamente repetitivos para el operario durante su jornada laboral, y que involucren movimientos de las manos principalmente, aunque existen casos en los cuales es necesario analizar los movimientos de otros miembros del cuerpo, como el tronco, las piernas o los ojos, en cuyo caso el análisis de micromovimientos es perfectamente utilizable, siguiendo los mismos pasos que para el análisis de las manos¹.

No se recomienda esta técnica para ciclos de trabajos largos.

El estudio de micromovimientos cuando se utiliza correctamente permite obtener una serie de mejoras valiosas que permitirán mejorar la eficiencia y disminuir los costos de producción.

En últimas fechas se ha empleado también el estudio de micromovimientos para ubicar a los trabajadores lisiados. En estos casos el estudio nos permite saber que partes del cuerpo el operario necesitará utilizar para realizar su trabajo, con el objeto de asignarle sólo aquellas tareas en las cuales necesite utilizar los miembros de su cuerpo que no tenga lisiados, y también para localizar y eliminar movimientos que el operario no pueda realizar debido a carecer o no poder utilizar alguna parte de su cuerpo.

También se utiliza este estudio para labores de rehabilitación, en las que el rehabilitado sólo puede utilizar ciertas partes de su cuerpo.

El estudio de micromovimientos consiste básicamente en realizar una película de una operación con el objeto de tener un análisis permanente, mismo que se analiza detenidamente y con frecuencia a cámara lenta para detectar las ineficiencias o errores en los que se incurran durante el proceso. Para llevar a cabo este análisis debemos de auxi-

¹ Presgrave, Ralph & Bailey G.B.; "Basic motion time study" McGraw-Hill Book Co. New York 1958, 195 pg.

liarnos del diagrama de proceso para la mano izquierda y mand derecha, así como tener conocimiento cabal acerca de los principios sobre los que se basan los llamados elementos fundamentales o therbligs.

Al principio, el estudio de micromovimientos se utilizaba para trabajos de análisis de tareas, pero recientemente se han encontrado nuevos usos para esta valiosa técnica. El estudio de micromovimientos puede utilizarse para los siguientes fines: como una forma de registrar permanentemente el método y el tiempo empleado por el operario y la máquina en la ejecución de un trabajo; en el estudio de la relación de las actividades de dos o más personas ocupadas en un trabajo de grupo; para medir operaciones y para investigar en el campo de los estudios de tiempos y movimientos.

No obstante, aun siendo de gran valor la utilización del estudio de micromovimientos para los fines arriba expresados, los dos usos más importantes son:

- 1.- Ayudar a encontrar el mejor método de realizar un trabajo.
- 2.- Ayudar al adiestramiento de los trabajadores, siguiendo el patrón ideal del método de movimientos, filmando la actuación de trabajadores de alta destreza, y mostrándoles sus imágenes amplificadas considerablemente en la pantalla y en movimiento lento a los aprendices. De este modo trabajadores menos hábiles estarán en condiciones de amoldar su actuación a la de los expertos.

El estudio de micromovimientos proporciona una técnica sin igual para efectuar un análisis minucioso de una operación, el procedimiento consiste en:

- 1.- Realizar una película de la operación a estudiar.
- 2.- Analizar la película.
- 3.- Hacer un gráfico de los resultados del análisis.
- 4.- Desarrollar un método mejor aplicando los principios de la economía de movimientos

En el presente capítulo se estudiarán los tres primeros puntos, siendo el tema de la economía de movimientos materia del siguiente capítulo.

4.2 Movimientos fundamentales.

La mayor parte de los trabajos en la industria se realizan con las dos manos y todo trabajo manual está constituido por unos movimientos fundamentales relativamente escasos, que se repiten una y otra vez.

Frank B. Gilbreth, de quien ya se habló en el primer capítulo del presente trabajo, ideó ciertas subdivisiones o elementos, que supuso comunes a toda clase de trabajos manuales. Formó la palabra therblig (Gilbreth, al revés) para tener un vocablo con el cual referirse a cualquiera de las diecisiete subdivisiones elementales de un ciclo de movimientos². Aunque estos diecisiete therbligs no pueden considerarse como elementos estrictamente fundamentales, en el sentido de que no puedan ser subdivididos ulteriormente, constituyen la clasificación más aceptada de movimientos con la que se cuenta en la actualidad. Un analista experimentado no tiene dificultad alguna en usar los therbligs para aplicaciones industriales.

Nombre del símbolo	Símbolo del Therblig	Explicación sugerida por	Color	Símbolo del color
Buscar	B	Un ojo girando en busca de algo	Negro	
Seleccionar	S	Dirigirse al objeto	Gris claro	
Coger	C	Una mano abierta para coger el objeto	Rojo claro	
Transporte en vacío	TV	Una mano vacía	Verde claro	
Transporte con carga	TC	Una mano llevando algo	Verde	
Sostener	So	Un dedo sosteniendo una barra de hierro	Ocre dorado	
Dejar la carga	Dc	Dejar caer el objeto que se lleva en la mano	Rojo carmín	
Poner en posición	PP	Un objeto colocado con la mano	Azul	
Dejar en posición	DP	Las piezas de los juegos de bolos que se colocan antes de tirar	Azul cielo	
Inspeccionar	I	Una lente de aumento	Ocre tostado	
Montar	M	Diversas cosas montadas	Violeta oscura	
Desmontar	D	Una parte del conjunto quitada	Violeta clara	
Utilizar	U	Primeros libros de "Utilizar"	Morada	
Espera inevitable	EI	Un hombre está hecho adormido involuntariamente	Ocre amarillo	
Espera evitable	EE	Un hombre se duerme voluntariamente sobre su trabajo	Amarillo limón	
Planear	PI	Un hombre con el dedo en la frente pensando	Marrón	
Descanso por no haber terminado el trabajo	DF	Un hombre parado pero descansar	Naranja	

FIG 4-1. "MOVIMIENTOS FUNDAMENTALES DE LAS MANOS".

La palabra therblig tiene un significado más preciso que "movimiento de mano" o "elemento de movimiento", pero pese a ello, cuando el analista

² Gilbreth F.B.; "Motion study". D. Van Nostrand Co. Princeton N.J., 1911. 116 pg.

este tratando con los operarios deberá usar los vocablos "movimientos" o "movimientos manuales", para evitar problemas de mala interpretación o entendimiento y hasta incluso de animadversión por parte del trabajador.

En la figura adjunta 4-1³ se muestran los diecisiete movimientos fundamentales de las manos junto con sus símbolos en castellano e inglés, además de un color distintivo que se les ha asignado y su símbolo convencional.

A continuación se procederá a explicar cada uno de ellos⁴:

1) Buscar (B).

Buscar alude a esa parte del ciclo durante la cual los ojos giran o las manos palpan a su alrededor hasta dar con un objeto. La búsqueda se inicia cuando los ojos o manos comienzan dichos movimientos y terminan cuando se ha encontrado el objeto.

Es importante señalar que la lista original de los movimientos fundamentales de Gilbreth incluía el therblig encontrar (find). Pero debido, a que el encontrar ocurre justo al final del therblig buscar y es básicamente una reacción mental y no un movimiento físico propiamente dicho, puede desecharse en el análisis de micromovimientos.

Ejemplo: La búsqueda del destornillador sobre la mesa de trabajo antes de comenzar cualquier operación.

2) Seleccionar (S).

Seleccionar es la operación de escoger un objeto de entre dos o más semejantes entre sí. Frecuentemente resulta bastante difícil, si no imposible, determinar cual es el límite entre buscar y seleccionar. Debido a esto, en la práctica es posible combinar ambos e incluirlos dentro del therblig seleccionar.

Tomando esta definición más amplia, seleccionar se refiere por consiguiente, a buscar y localizar un objeto entre varios. A veces la selección puede existir sin la búsqueda sobre todo cuando se trata de un ensamblaje selectivo.

3 Barnes, Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work". 7th edition. John Wiley & Sons New York. 689 pg.

4 Gilbreth F.B. & L.M.; "Applied motion study". Sturgis & Walton. New York, 1917. 220 pg.

Ejemplo: Localizar un lápiz de ciertas características de una caja que contiene lápices, plumas y artículos diversos.

3) Coger (C).

Coger significa asir un objeto cerrando los dedos a su alrededor, siendo éste un movimiento precedente a su levantamiento, sostenimiento o manejo. Principia cuando la mano o los dedos entran en contacto físico con el objeto por asir, y termina cuando la mano lo controla totalmente.

Ejemplo: Cerrar los dedos alrededor de una pluma.

4) Transporte en vacío (TV).

Transporte en vacío es el movimiento de la mano vacía cuando se dirige hacia un objeto. Se supone que la mano se mueve sin resistencia hacia o en dirección contraria al objeto. El transporte en vacío empieza cuando la mano empieza a moverse sin carga o resistencia y concluye cuando la mano se detiene.

Ejemplo: Mover la mano vacía para coger la pluma del escritorio.

5) Transporte con carga (TC).

El transporte con carga es el movimiento de la mano al llevar un objeto de un lugar a otro. Dicho objeto puede ser transportado por las manos o dedos, o puede ser movido de un lugar otro deslizando, tirando de él o empujándolo. El transporte con carga incluye también el movimiento de la mano vacía contra una resistencia. El transporte con carga principia cuando la mano empieza a mover el objeto o cuando se topa con la resistencia y concluye cuando la mano se detiene.

Ejemplo: Llevar una pluma desde su soporte en el escritorio hasta la carta que ha de firmar.

6) Sostener (So).

Sostener indica se que retiene un objeto después de haberlo cogido, sin que tenga lugar ningún movimiento del mismo. Sostener comienza cuando cesa el movimiento que transportó el objeto y termina con el comienzo del siguiente therblig.

Ejemplo: Sostener un pan mientras se espera a introducir el cuchillo en la mermelada.

7) Dejar la carga (DC).

Dejar la carga es soltar el objeto. Empieza cuando el objeto comienza a dejar la mano y termina cuando el objeto se ha separado totalmente de ella.

Ejemplo: Soltar la pluma después de haberla colocado en el escritorio.

8) Poner en posición (PP).

Poner en posición o posicionar consiste en girar o situar un objeto de tal forma que quede debidamente acomodado para ajustar en el lugar que le corresponde. Es posible poner en posición un objeto durante el movimiento de transporte con carga. Por ejemplo, el carpintero puede poner en posición adecuada un clavo mientras lo transporta desde la caja hasta la tabla en que va a clavarlo. El therblig comienza cuando la mano empieza a girar o a situar el objeto y termina cuando el objeto ha sido colocado en la posición o situación deseada.

Ejemplo: Alinear una llave de una puerta antes de insertarla en el agujero de la cerradura.

9) Precolocar en posición (DP).

Precolocar en posición o dejar en posición consiste en dejar un objeto en un sitio previamente determinado o situarlo en la posición correcta para algún movimiento posterior. Precolocar en posición es similar a poner en posición, excepto que el objeto queda colocado aproximadamente en la posición en que se le necesitará después, esto es, que no es necesario una gran precisión bastando con dejar el objeto dentro de un área relativamente amplia, cosa que no sucede con poner en posición.

Ejemplo: Alinear el destornillador mientras se dirige hacia el tornillo que se va accionar de forma que la punta apunte hacia el tornillo. (La operación de insertar el destornillador en la ranura del tornillo sería poner en posición).

10) Inspeccionar (I).

Inspeccionar consiste en examinar detenidamente un objeto para determinar si cumple o no con los estándares de tamaño, forma, color, sabor u otras cualidades previamente establecidas. La inspección puede ser visual, de oído, por tacto, olor o gusto. La inspección es básicamente una reacción mental y puede presentarse simultáneamente con otros therbligs. La inspección comienza cuando los ojos u otra parte de cuerpo comienzan a examinar el objeto y concluye cuando se completa dicho examen.

Ejemplo: Inspección visual del grado de cocimiento de las galletas al salir del horno.

11) Montar (M).

Montar o ensamblar es colocar dos piezas embonantes dentro, o sobre la otra con lo cual se forma un todo. Principia cuando la mano empieza a

trasladar la pieza a su sitio en el montaje y termina cuando la mano completa el montaje.

Ejemplo: Montar un transistor sobre el circuito preimpreso.

12) Desmontar (D).

Desmontar o desensamblar significa separar un objeto de otro del cual forma parte integrante. Principia al momento de empezar a sacar la pieza del montaje y termina cuando se le ha separado totalmente del resto.

Ejemplo: Despegar un transistor del circuito pre-impreso.

13) Utilizar (U).

Utilizar o usar consiste en manipular una herramienta, dispositivo o pieza de una máquina con el fin para el cual que fueron creadas. Este therblig se refiere a un número casi infinito de casos particulares y representa básicamente la culminación de los movimientos precedentes y los movimientos subsecuentes serán complementarios al therblig utilizar. Comienza cuando la mano comienza a manipular la herramienta o dispositivo y termina cuando la mano deja de hacerlo.

Ejemplo: Comenzar a remover un tornillo con la ayuda de un desarmador; o comenzar a escribir con una pluma.

14) Espera inevitable (EI).

Espera inevitable es un retraso o demora que esta fuera del control del operario. La espera inevitable puede provenir de cualquiera de las dos causas siguientes:

a) Un fallo o interrupción en el proceso.

b) Una pausa producida por una condición de la operación que impide el trabajo de una parte del cuerpo mientras trabajan los otros miembros del mismo.

La espera inevitable comienza cuando se para la actividad de la mano y finaliza con la reanudación de la actividad.

Ejemplo: Un operario al aplicar un taladro tiene su mano derecha operando el taladro, mientras que su mano izquierda tiene un retraso inevitable al permanecer ociosa.

15) Espera evitable (EE).

Todo tiempo muerto que ocurra durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, intencional o no intencionalmente, debe clasificarse bajo el nombre de espera o demora evitable.

La espera evitable comienza cuando el orden de movimientos prescrito se interrumpe y termina cuando se reanuda el método normal de trabajo.

Ejemplo: Un acceso de tos que interrumpe el trabajo del operario. (Pese a que el operario no puede evitar el toser, se debe clasificar como demora evitable, ya que es el operador y no el método el causante de este retraso en el ciclo de trabajo.)

16) Planear (PL).

Planear indica la reacción mental que precede al movimiento físico, esto es, la de decidir cómo ha de continuar su trabajo. Comienza en el momento en el cual el operario empieza a reflexionar sobre la fase siguiente de la operación y finaliza cuando ha determinado el procedimiento a seguir. Este therblig es característico de operarios novatos y generalmente puede evitarse mediante la práctica o la capacitación adecuada del personal.

Ejemplo: Carpintero que piensa sobre la forma en que debe cortar la hoja de madera para obtener un aprovechamiento máximo de material.

17) Descanso para superar la fatiga (DF).

Descanso para superar la fatiga es el factor o suplemento de fatiga o espera previsto para permitir al operario recuperarse de la fatiga que le ha producido. El descanso comienza cuando el operario interrumpe su trabajo y continua cuando lo reanuda.

Ejemplo: Trabajador que descansa después de acarrear una carretilla de cemento.

Para finalizar el presente inciso agregaremos que la mayor parte de las personas, al observar a otro individuo que está realizando un trabajo, suele fijarse más en los materiales y herramientas que maneja el obrero y no en los movimientos que realiza para llevar a cabo su tarea. El ingeniero industrial debe tratar de conseguir una mente que aprecie con claridad los movimientos, teniendo siempre en cuenta, la clasificación de los movimientos fundamentales. El analista debe apreciar perfectamente los movimientos realizados por la mano derecha y por la mano izquierda para poder entonces poder proceder a mejorar o desechar los métodos utilizados. Las personas que más labor realizan no son necesariamente las que más trabajan, sino las que utilizan de forma adecuada cada movimiento, las que usan buenos métodos de trabajo. El ingeniero no debe estar interesado en velocidad, sino en obtener más trabajo de calidad a expensas de un gasto menor de energía, la velocidad excesiva

no suele ser un buen sustituto de los buenos métodos de trabajo.

4.3 Realización del estudio de micromovimientos.

Para poder realizar un trabajo aceptable de estudio de micromovimientos, será preciso disponer de un equipo de video, o bien, de un equipo cinematográfico.

El equipo de video proporciona la gran ventaja de ser mucho más económico, de tener una repetición instantánea, ya que inmediatamente después de tomar la grabación en el video cassette, el analista podrá observar la operación en el aparato reproductor. Los video cassettes pueden ser utilizados una y otra vez en diferentes estudios de micromovimientos.

4.3.1. Equipo cinematográfico. La utilización del equipo cinematográfico tiene la ventaja de tener los cuadros en cintas que son apreciables a simple vista, pero con el inconveniente de la necesidad de esperar por varios días hasta que la película sea revelada.

Al seleccionar la cámara cinematográfica conviene elegir una provista de tres lentes. Esto permite el uso de una lente estándar, una lente gran angular, que proporciona una área visual adicional, y una lente telefoto para obtener mayor cantidad de detalles en una área visual limitada.

Cuanto mayor sea un lente en relación con su distancia focal, o sea, la distancia de la lente a la película, tanto mayor será la cantidad de luz por intervalo de tiempo, tanto mayor será el alcance o campo que se puede dar a la cámara.

La cámara cinematográfica funciona de forma que una vista o exposición de la película se retira o coloca rápidamente enfrente de la lente de la cámara durante el instante en que el obturador intercepta la imagen. Una vez que la película está en el sitio debido, el obturador se abre de nuevo y permite fotografiar el objeto. A continuación, el obturador se interpone, y el siguiente cuadro ocupa su puesto para la exposición siguiente, y así sucesivamente. La relación del tamaño del segmento abierto en el obturador cerrado determina el tiempo de exposición para una revolución del obturador. Este da una vuelta completa cada vez que se hace una exposición.

Debido a esto, la cámara cinematográfica fotografía escenas intermitentes. Al fotografiar objetos que se mueven existe un instante, entre dos exposiciones sucesivas, durante el cual no se registra la acción que está teniendo lugar. Es por ello que en ocasiones cuando el operario tenía que

coger un objeto, una imagen puede mostrar la mano moviéndose hacia la derecha, mientras que el siguiente puede verse moviéndose hacia la izquierda. Durante el instante en que el obturador estaba cerrado, la mano continuo su movimiento hacia la derecha, cogio una pieza de material y se encontraba en su movimiento de retorno cuando se tomó la exposición siguiente. Para estudios muy exactos no es deseable la existencia de estos movimientos escondidos, por lo que conviene hacer funcionar la cámara a velocidades mayores con el fin de impedirlo⁵.

Existen varias clases de cámaras de cine en el mercado, cada una con ciertas características convenientes. La mayor parte de las cámaras cuentan con impulsión por medio de un motor eléctrico, ya sea de baterías, o bien con adaptador de corriente alterna, siendo que las hay con ambos tipos de fuente de energía.

Las cámaras provistas de motor eléctrico sincrónico permiten exposiciones con velocidad constante, por lo que no es necesario un micrómetro u otro dispositivo indicador de tiempo en el fondo de las escenas a tomar. Existen modelos estándares que proporcionan velocidades de exposición de 1, 10 y hasta 1000 cuadros por minuto. Esta última es la más utilizada para el estudio de micromovimientos.

Siempre que ello sea posible, las películas deben ser tomadas a la luz del día. En ocasiones se requiere de una iluminación adicional, que puede obtenerse con focos portátiles, a los que se les adapta un reflector adecuado y un trípode que sirva de apoyo. Con este material se resuelve la iluminación del objeto o persona a fotografiar. Generalmente se deben de utilizar dos fuentes de luz para obtener los mejores resultados. Las lámparas han de colocarse de forma que, tanto el lugar de trabajo como los movimientos a estudiar, estén iluminados debidamente sin que se produzcan sombras profundas. La persona que filme la película debe de estar conciente que los movimientos han de estudiarse con detalle, por lo que deben de estar perfectamente iluminados.

En la actualidad existen cámaras con dispositivos integrados que nos indican la cantidad de luz ideal para una buena filmación.

Cuando se hace mucho uso de la técnica de filmación con cámara cinematográfica, hay que tener en cuenta la necesidad de preparar un índice para localizar fácilmente las películas. Uno de los mé-

⁵ Mundel, Marvin E.; "Motion and time study (improving productivity)". 6th edition. Prentice-Hall. Englewood Cliffs N.J., 1962. 752 pg.

todos más socorridos es el de asignar un número a cada película y colocar una tarjeta con dicho número de modo que salga fotografiado en la misma.

En la actualidad existen un sinnúmero de modelos y tipos de equipos de proyección de películas, por lo que se debe escoger aquel que nos permita:

a) Obtener una imagen clara para poder captar los más mínimos detalles de la operación.

b) Obtener velocidad variable, incluyendo la cámara lenta para el análisis minucioso de la película.

c) Obtener un dispositivo contador de cuadros con el objeto de librar al analista de la monótona y fastidiosa tarea de contar los cuadros mientras analiza los movimientos elementales.

d) Detener la imagen con el objeto de que cada cuadro pueda proyectarse como una transparencia y con esto, estar en condiciones de poder elaborar un análisis detallado.

e) Transportarse fácilmente, esto es, que sea pequeño y ligero.

4.3.2. Equipo de videocámara. El equipo de videocámara desarrollado en años recientes ofrece al analista de movimientos diversas ventajas sobre el equipo ordinario de proyección cinematográfica. Dicho equipo de videograbación proporciona las capacidades de resolución de problemas de la película normal y la de alta velocidad, con las características de una gran capacidad de registro y una repetición instantánea.

Un video cassette puede captar hasta más de 5 horas de actividad continua, estando el tiempo limitado por la capacidad de almacenamiento de energía de las pilas de la videocámara en el caso de no estar operando con el adaptador de corriente alterna a corriente continua.

Las modernas videocámaras por lo general tienen un lente perfectamente ajustable que nos permite abarcar el área visual deseada, de acuerdo con las características de la operación. También cuentan con un ajustador de balance de blancos automático, que nos permite obtener una imagen nítida. Es posible también adaptarles un reloj de forma que aparezca en la imagen la posición de las manecillas conforme avanza el estudio, con el objeto de tener una medición exacta del tiempo que transcurre en cada elemento fundamental.

La videocámara está diseñada de tal forma que una persona tipo medio es capaz de hacer películas satisfactorias sin tener mucha práctica, y aunque las películas tomadas en el interior de la fábrica para un estudio de movimientos son más di-

ficiles que las tomadas en el exterior, la mayoría de las personas puede realizarlas bastante bien siguiendo las instrucciones que acompañan a la cámara. No obstante, aún a la persona capaz de hacer buenas videofilmaciones de las operaciones corrientes de la fábrica, le resultará útil aprender cuanto pueda en relación con la fotografía.

Se recomienda que se adquiera un equipo de pantalla gigante con el objeto de amplificar la imagen lo más posible y con ello poder captar los más mínimos detalles concernientes a la operación por estudiar.

Es también recomendable adquirir una videograbadora que posea el sistema de reproducción a cámara lenta, con el objeto de poder observar la operación a velocidades inferiores a la normal.

Existen videograbadoras tipo consola, que nos permiten tener dos o más cámaras con el objeto de captar la operación desde varios ángulos y escoger aquél que nos permita una más clara visualización de la operación.

Como podemos observar, es evidente que la videocámara es un instrumento inapreciable y sumamente versátil que nos permite efectuar satisfactoriamente nuestros estudios de micromovimientos. Este tipo de equipos han experimentado en los últimos años un crecimiento explosivo en su demanda por parte de los aficionados a la fotografía, con la consecuente baja en los costos de los equipos por parte de las compañías manufactureras y una constante mejoría de las cualidades técnicas y tamaños más reducidos en cada uno de los artículos relacionados con el video.

4.4 Diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha.

El diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha es un instrumento sumamente útil para el ingeniero industrial, ya que nos presenta en forma gráfica todos los movimientos y pausas realizadas por la mano derecha y la izquierda, y las relaciones entre las divisiones básicas relativas de la ejecución del trabajo realizada por las manos. El principal objeto del diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha es poner de manifiesto una operación dada con los detalles suficientes, de modo que se pueda mejorar por medio de un análisis⁴.

⁴ Lowry, S.M., Maynard H.B. & Stegemerten. "Time and motion study" 3rd. edition. McGraw-Hill Book Co. New York, 1940. 432 pg.

4.4.1. Forma de elaborar el diagrama. Se debe de comenzar por anotar toda la información perteniente con relación al diagrama como puede ser fecha, tipo de proceso, si el método es el actual o el propuesto, pieza que se fabrica, e incluso, en caso de considerarlo necesario, un croquis a escala de la estación de trabajo.

Una vez que se haya descrito e identificado completamente la operación se deberá hacer una observación relativa a la duración del ciclo de trabajo, con el objeto de determinar la escala que se usará, ya que es deseable que el diagrama no ocupe más de una hoja.

Es recomendable comenzar a graficar concentrando la atención en una sola mano cada vez, y hacer una lista de los movimientos de una de ellas antes de hacerlo con la otra, esto es, graficar completamente las actividades de una mano, y luego representar todas las divisiones básicas del trabajo realizado por la otra.

Este diagrama debe de ser diseñado de tal forma que todo el proceso pueda ser descrito por medio de símbolos de movimientos fundamentales o therbligs.

En primera columna debe aparecer el título de "mano izquierda", y debajo de ella se deben de anotar breves descripciones de los movimientos fundamentales realizados por la mano izquierda siguiendo un orden cronológico.

A continuación, y a la derecha de cada elemento de movimiento fundamental debe de anotarse en la segunda columna el tiempo que necesitó el therblig para ser efectuado. Este tiempo generalmente se expresa en centésimas de segundo.

La tercera columna corresponde al espacio designado para poner el símbolo del therblig, ya sea con las letras correspondientes para cada elemento, con el código de colores, o con los símbolos nemotécnicos (ver figura 4-1 donde aparecen estos símbolos).

De la cuarta a la sexta columna son espacios designados para los movimientos de la mano derecha. En la cuarta columna se debe de escribir el símbolo del therblig para la mano derecha, en la quinta el tiempo que requirió el elemento fundamental y en la sexta y última la descripción breve del elemento de la mano derecha.

Una vez descritos cada uno de los elementos fundamentales en que incurren las manos derecha e izquierda, se debe proceder a sumar los tiempos de la mano derecha e izquierda separadamente. Ambos totales deben de coincidir, ya que el tiempo del ciclo es el mismo para las dos, aún cuando no ten-

gan el mismo tiempo de actividad. (La que tenga menos actividad, tendrá mayor tiempo de esperas).

La figura 4-2 nos ilustra un diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha típico, para la operación de untar con mermelada dos piezas de pan. En la figura podemos observar que existen dos elementos en una sola subdivisión, esto se debe a que ambos elementos ocurren tan próximos el uno del otro, que es difícil distinguir dónde termina uno y donde comienza el otro. Es por ello que se usa la válida notación doble o combinada. También es importante señalar que en la figura, se considera que la mano motora de la persona estudiada es la derecha.

El diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha es sumamente útil para operaciones manuales altamente repetitivas de ciclos cortos.

Pese a que no existe ninguna regla fija acerca de la parte del ciclo que se debe de utilizar como punto de partida para elaborar el diagrama, generalmente es mejor comenzar la representación justamente después del elemento de "soltar" la pieza terminada, del ciclo anterior.

Es importante hacer notar que existen casos en que los elementos no tienen la suficiente magnitud para ser medidos, ya que son demasiado breves, y por consecuencia no se incurrirá en graves errores de medición si se les considera como parte del therblig siguiente o anterior?. El equipo de video o la cámara cinematográfica son una ayuda excelente para cuando se requiere identificar la mayor cantidad de therbligs en la operación.

Una vez elaborado el diagrama para el método existente, el analista debe de cuestionarse acerca de las mejoras que pudiese introducir en el método. Los intervalos correspondientes a "demora" o "sostener", son sitios adecuados para comenzar.

La mejor manera de realizar un trabajo se obtiene mediante el análisis sistemático de todos los elementos detallados que lo constituyen. El diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha, es la herramienta idónea para poder obtener el análisis sistemático de los elementos de la operación, ya que expone claramente el trabajo efectuado por cada una de sus manos e indica el tiempo relativo y las relaciones entre todos los movimientos realiza-

7 Maynard, H.B. (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook". Sec.2 Ch.5 "Motion Study" by Anne G. Shaw. McGraw-Hill Book Co. 3rd edition, 1971. 1553 pg.

DESCRIPCION MANO IZQUIERDA	TIEMPO	SÍMBOLO DE FRECUENCIA	SÍMBOLO DE TIEMPO	DESCRIPCION MANO DERECHA
Se dirige hacia la bolsa de pan.	1.2	TV	TV 1.2	Se dirige hacia la bolsa de pan.
Mano izquierda junto con la mano derecha remueven alambre protector de humedad de bolsa de pan.	5.3	D	D 5.3	Mano derecha junto con la mano izquierda remueven alambre recubierto de plástico para abrir bolsa de pan.
			DP 1.6	Se deja el alambre sobre la mesa.
Espera Inevitable	4.02	EI	C 0.9	Coger una rebanada de pan
Sostener la rebanada de pan.	2.1	So	TC 1.52	Transp. a mano izquierda.
Transportar pan junto al tostador.	2.03	TC	C 2.1	Sacar la otra rebanada de la bolsa.
Rebanadas en la ranura del tostador.	1.86	PP	TC 2.03	Transporte pan junto tostador.
			PP 1.86	Rebanadas en ranura tostador.
Espera inevitable.	1.26	EI	U 1.26	Poner en funcionamiento tostador.
Sostener el frasco de mermelada mientras mano derecha los destapa.	5.06	So	D 5.06	Remover tapa del frasco de mermelada.
			TV C 3.02	Se traslada mano hasta el cuchillo y se sujeta éste.
Espera Inevitable	3.02	EI	TC 1.01	Traslado de mano a tostador.
Se traslada mano a zona de tostador.	1.01	TV	EI 15.21	Esperar a que los panes salgan del tostador.
Esperar a que los panes salgan del tostador.	15.21	EI	TC 3.01	Transportar cuchillo a mermelada.
Tomar pan tostado y llevarlo con el frasco de mermelada.	3.01	C-TC	PP 2.1	Introducir cuchillo a mermelada.
Sostener la rebanada de pan mientras se le unta la mermelada.	20.22	So	TC 2.8	Cuchillo junto al pan.
			U 16.4	Untar mermelada al pan.
Transportar y colocar pan con mermelada en el plato.	2.05	TC-DC	EI 2.05	Espera Inevitable.
Acercar la mano al tostador.	1.19	TV	So 4.24	Sostener el cuchillo, mientras se acerca la otra rebanada.
Tomar la otra rebanada de pan y acercarla a la mermelada.	3.05	TC	PP 2.2	Introducir cuchillo en mermelada.
Sostener la otra rebanada de pan mientras se le unta la mermelada.	21.12	So	TC 3.12	Transporte de cuchillo junto a pan.
			U 18.92	Untar mermelada al pan.
Dejar el pan con mermelada en plato.	1.02	TC-DC	DC 1.02	Ejar el cuchillo sobre la mesa.

FIGURA 4-2. 109

dos por las manos. El diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha, es un medio eficaz para:

- 1) Equilibrar los movimientos de ambas manos y reducir la fatiga.
- 2) Eliminar y/o reducir los movimientos no productivos.
- 3) Hacer más breves los movimientos productivos.
- 4) Capacitar a nuevos operarios en el método ideal.
- 5) Conseguir la aceptación de métodos propuestos.

Por todo lo anteriormente expuesto, el analista de métodos debe aprender a elaborar y utilizar la excelente herramienta del diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha.

4.5. Forma de hacer la película.

El primer paso es la selección de uno o más operarios como sujetos para la película a realizar. Es conveniente que sean los más hábiles y los que ejecutan el trabajo de la forma más satisfactoria, ya que debe estudiarse todo operario que presente las mayores posibilidades de estar efectuando el trabajo en forma eficiente.

Hay que recalcar que el estudio de micromovimientos no intenta forzar al obrero a trabajar con más rapidez, sino que estudia sus movimientos, a fin de encontrar los más cortos y mejores, esto es, la forma más fácil y menos fatigosa de realizar un trabajo. Si como sujetos del estudio se utiliza a los mejores operarios, el analista podrá llegar a una mejor solución de su problema que si utilizase a los inexpertos.

Es muy importante y a la vez necesario que tanto los obreros como los supervisores e incluso el sindicato sean informados de lo que se va hacer, buscando su cooperación y la armonía laboral desde el principio.

Generalmente, el obrero trabajará lo mejor posible mientras se está filmando la película, ya que sabe que ésta constituirá un registro permanente de su trabajo y que tanto sus compañeros como sus jefes han de verle actuar en la pantalla.

Una vez que el operario u operarios han sido escogidos y comprenden que se ha de hacer un estudio de micromovimientos, el analista del estu-

B. Polk Edward J.; "Methods analysis and work measurement"
McGraw-Hill Book Co. New York 1984, 294 pg.

dio de movimientos puede proceder a comenzar la filmación.

Las películas deben de ser lo suficientemente claras para ver todos los detalles necesarios cuando se proyecten sobre la pantalla. Se debe de afocar cuidadosamente y debe de ser tomada desde un ángulo tal que se obtenga una fotografía satisfactoria de todos los movimientos del operario.

El lente de la cámara se ha de situar lo más próximo al sujeto que se fotografía, pero sin caer en el error de omitir algo que debiera de figurar en la imagen. Al situar el área visual de la toma hay que tener en consideración tanto el lugar de trabajo como los movimientos del operario. Los movimientos del operario pueden producirse en dos direcciones:

- a) Perpendiculares a la línea de visión;
- b) Paralelos a la línea de visión.

La cámara se debe de colocar de modo que la mayor parte de los movimientos sean perpendiculares a la línea de visión. Esta disposición no sólo mejora el enfoque de todo el ciclo, sino que también facilita el análisis de la película, ya que es mucho más fácil juzgar la naturaleza y extensión de los movimientos que se realizan perpendicularmente a la línea de visión, que aquellos que son ejecutados paralelamente a la misma, donde se puede perder la noción de profundidad.

Debe situarse la cámara de modo que todos los movimientos que realiza el operario queden incluidos sin necesidad de mover la cámara para seguir sus movimientos.

En ocasiones, suele ser conveniente colocar como fondo una pantalla negra cuadrículada en blanco, con cuadros de 10 cm por lado. También puede colocarse este mismo tipo de cuadrículado en la mesa de trabajo o en el suelo. Esto se hace con el objeto de ayudar a determinar la situación y la longitud de los movimientos al momento de analizar la película. Es importante tener en cuenta que se debe de cuidar hasta el más mínimo detalle al momento de tomar la película, pues detalles aparentemente insignificantes como el color de la ropa del operario, por ejemplo, podría dificultar el análisis óptimo de la operación.

Es deseable montar la cámara en un tripié con el objeto de obtener una imagen fija.

Cuando se coloca el reloj integrado en la imagen, es deseable que éste aparezca en alguno de

9 Gilbreth F.B. & L.M.; "Applied motion study". Sturgis & Walton Co. 1917, 220 pg.

los extremos, para que no obstruya la visibilidad de ningún movimiento.

Antes de comenzar a filmar, se debe de pedir al obrero que ejecute algunos ciclos de trabajo de práctica, con el objeto eliminar un posible nerviosismo del operario al sentirse bajo las cámaras, una vez que se haya logrado esto, se procede a avisar al obrero que principiará la filmación, por lo que deberá hacer su mejor esfuerzo. Acto seguido debe de comenzar la filmación.

Se deben de filmar varios ciclos, ya que muy frecuentemente el primer ciclo no es satisfactorio, puesto que el operario suele ponerse nervioso cuando escucha que la cámara comienza a funcionar. Esta reacción generalmente es breve y muy pronto adquirirá la marcha o ejecución normal del trabajo.

4.5.1. Análisis del videocasette o película. La película contiene un registro exacto de las actividades fotografiadas, es por ello que se puede construir a partir de ella el diagrama mano izquierda-mano derecha.

Siempre es importante tener en consideración que la cámara se emplea en procesos fijos para filmar operaciones cortas o que difícilmente sean apreciables a simple vista. Si se proyecta la película a la misma velocidad, se podrá hacer también un estudio de tiempos con cronómetro. Sin embargo, la herramienta ideal para un estudio de micromovimientos, que es el tema que concierne al presente capítulo, es el diagrama mano izquierda-mano derecha.

El primer paso para efectuar el análisis de la videocinta o película consiste en observar varias veces la totalidad de la filmación, con el objeto de determinar cual es el ciclo más representativo de la operación. Debe de escogerse áquel en el cual el operario haya requerido un menor tiempo, así como áquel en cual las vistas de la película sean lo más claras posibles.

Una vez que se ha seleccionado el ciclo que se va a estudiar, se puede comenzar el análisis cuadro por cuadro o en cámara lenta, según sea el caso.

Al hacer el análisis resulta generalmente satisfactorio considerar la mano como una unidad, esto es, sin analizar los movimientos de cada dedo independientemente.

El estudio puede principiar en cualquier punto del ciclo, sin embargo, es conveniente iniciar el análisis en el cuadro o momento correspon-

diente al therblig "soltar la pieza terminada" del ciclo inmediato anterior¹⁰.

Una vez determinado el punto de partida del ciclo, el analista debe poner en cero el contador de cuadros si se trata de película o bien, registrar la lectura inicial del reloj integrado de la videocinta, esto se hace con el objeto de facilitar el registro de los tiempos elementales transcurridos.

Después de anotar el therblig empleado por el operario, se hace avanzar la película lentamente hasta que termine el elemento básico. El tiempo que fue necesario para ejecutar el therblig, debe registrarse en una hoja de datos de micromovimientos.

Al revisar la película, el analista debe observar con sumo cuidado la clase de movimiento utilizado durante la realización de la división básica, y debe registrar toda esta información en su hoja de datos. Es importante que el analista demuestre una mente abierta e inquisitiva para poder determinar las posibilidades de eliminar o mejorar cada elemento básico.

Como puede observarse, los procedimientos subsiguientes de análisis son análogos a los empleados para elaborar el diagrama mano izquierda-mano derecha, explicado anteriormente en el presente capítulo.

Después de describir brevemente la división básica en el espacio proporcionado, el analista debe de trazar una línea horizontal sobre la recta de tiempos, de tal forma que sea proporcional al tiempo que necesitó el elemento para ser ejecutado.

La figura 4-3¹¹ nos muestra un diagrama elaborado a partir de un estudio de micromovimientos.

En las columnas de clase de movimientos, suele ser útil diferenciar los elementos productivos de los no productivos. Esto se hace generalmente mediante colores; de este modo, los elementos alcanzar, tomar, mover, usar y ensamblar (todos éstos movimientos productivos) se indicarán de color negro, y el resto de los therbligs se marcan por rojo o por rayado.

La escala de tiempos seleccionada debe ser lo bastante amplia como para poder identificar cla-

¹⁰ Niebel B.W.; "Motion and time study". 6th.edition Richard D.Irwin. Homewood Ill. 1976, 719 pg.

¹¹ Barnes Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work" 7th.edition. John Wiley & sons. 1980 689 pg.

ramente las divisiones básicas más cortas. El soltar es el más corto de todos los therbligs y suele tomar alrededor de 0.002 de minuto.

ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS
SIMOGRAMA

PIEZA: Montaje de perno y arandelas - Método perfeccionado DEPARTAMENTO AYIG PELICULA n° X75
OPERACION: Montar 3 arandelas en un perno OP n° A32
OPERARIO: M. S. Bowen FECHA 11-2-37 HECHO POR SRM HOJA n° 1 DE 1

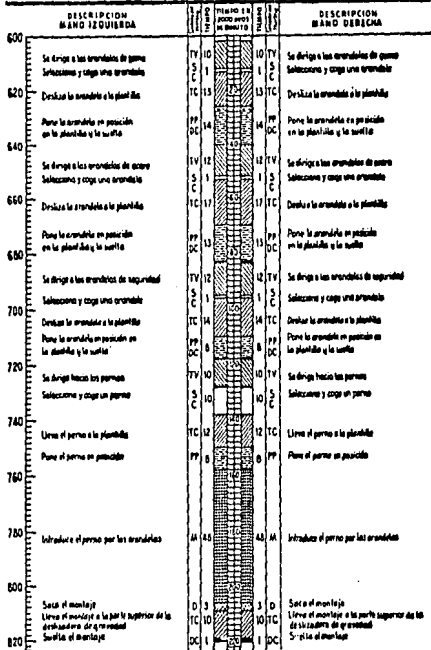


FIG 4-3. "ESTUDIO DE MICROMOVIMIENTOS"

Después que haya sido analizada el primer elemento básico del trabajo de una operación y se haya registrado el método, la película debe ser avanzada lentamente y la siguiente división básica

se analizará en forma similar, prosiguiéndose así hasta la terminación del ciclo. Con el objeto de hacer el estudio más claro, una mano debe ser estudiada completamente antes de iniciar el estudio de la otra mano. A medida que se considera la segunda mano, se debe de realizar una comprobación periódica para verificar que los movimientos registrados se producen en el mismo momento que los registrados en la otra mano por el diagrama. Es importante recordar que cuando se proyecta la película, el brazo izquierdo aparecerá en la parte derecha de la pantalla y viceversa, puesto que al filmar se invierten las direcciones.

Una vez terminado de analizar ambas manos por completo, se debe incluir un resumen en la parte inferior del diagrama que muestre el tiempo del ciclo, las piezas terminadas por ciclo, el tiempo productivo por ciclo y el tiempo no productivo también por ciclo.

Al terminar el diagrama mano izquierda-mano derecha, el siguiente paso será el analizarlo. Las secciones no productivas del diagrama son un excelente sitio para comenzar. Se consideran no productivos los therbligs sostener, buscar, seleccionar, dejar en posición, poner en posición, inspeccionar, planear y todas las esperas¹². Cuanto más therbligs se puedan eliminar, tanto mejor será el método propuesto. Sin embargo el análisis no debe cubrir solamente las secciones no productivas, sino verificar también la zona de productividad, ya que, por ejemplo, el elemento "Transporte en vacío" o alcanzar se puede mejorar si se reduce la distancia de transporte de la mano.

Como podemos ver, la técnica de micromovimientos, se debe utilizar para poner de manifiesto toda ineficiencia, sin importar si es aparentemente insignificante. Un cierto número de mejoras mínúsculas, puede conducir a una apreciable economía anual.

4.6 Implementación del estudio de micromovimientos.

Si se desea obtener el máximo provecho de un estudio de micromovimientos, será de vital importancia poner en práctica el método mejorado por el estudio, a la mayor brevedad posible, y que éste sea asimilado en todos sus detalles por la totalidad de los operarios. Las explicaciones verbales del patrón o modelos de movimientos a seguir son

¹² Holmes W.G.; "Applied time and motion study", revised, Ronald Press Co., New York, 1945. 383 pg.

generalmente inadecuadas e ineficientes, por lo que se debe usar una hoja especial de instrucciones para dar información específica acerca de la forma de ejecutar el nuevo método mejorado.

Esta hoja de instrucciones debe contener todos los pormenores del método así como los movimientos simultáneos de cada una de las manos. Estas hojas de instrucciones deben reproducirse en una copiadora convencional de modo que sea posible archivar copias en la sección de estudio de tiempos y en las oficinas de los supervisores, así como para dar una a cada obrero que ejecuta la operación. Debe existir un colgador para la hoja de instrucciones en la estación de trabajo del operario, de modo que pueda estar fácilmente al alcance del obrero para una consulta en cualquier momento. Para una mayor duración de la hoja, debe protegerse con una cubierta de plástico transparente.

El supervisor, al igual que el ingeniero de métodos tienen la obligación de verificar periódicamente cada operación en la zona de producción, con el objeto de asegurarse que los operarios siguen el nuevo método. También deben estar abiertos a las preguntas y dudas que puedan tener los obreros con relación al nuevo método. La implementación y la vigilancia del uso del nuevo método son dos fases de vital importancia en el mejoramiento de los métodos por la técnica de micromovimientos.

En muchas ocasiones los operarios sienten que las mejoras son insignificantes o que incluso el nuevo método es más complicado, por lo que es labor del ingeniero de métodos lograr convencer a los operarios sobre las ventajas que ofrece el nuevo método.

La experiencia demuestra que en muchas ocasiones los operarios tienen una nociva tendencia a regresar a utilizar los métodos antiguos de realizar su trabajo, descartando por completo las nuevas técnicas. La hoja de instrucciones escrita sirve como un medio que puede utilizar el supervisor para detectar las desviaciones del método correcto por parte de los operarios.

En cuanto el operario al que se filmó ejecutando el trabajo con el método antiguo haya adquirido destreza en el nuevo método debe de filmarse ejecutando éste, para poder así evaluar en forma concreta los resultados que arroje el estudio de micromovimientos.

4.7 Conclusión.

Como podemos observar el estudio de micromovimientos es una herramienta de alta precisión de

la que puede valerse el analista de tiempos para lograr alcanzar un método altamente eficiente, sin embargo, como pudo observarse, este tipo de estudios requiere de una gran cantidad de tiempo y dinero por parte de la empresa, por lo que resultará costeable en sólo en situaciones de ciclos altamente repetitivos, o cuando se requiera una eficiencia superior.

Sin embargo, será siempre conveniente que el analista tenga una noción clara de los fundamentos del estudio de micromovimientos, ya que es una técnica estrictamente científica que permitirán al analista adquirir una concepción más clara de los métodos con que la ingeniería industrial afronta los problemas de su campo. Siempre es importante recordar que los movimientos fundamentales ideados por Gilbreth son una de las bases más sólidas del estudio de tiempos y movimientos.

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

CAPITULO 4: "MICROMOVIMIENTOS"

- 1 Presgrave, Ralph & Bailey G.B.; "Basic motion time study" McGraw-Hill Book Co. New York 1958, 195 pg.
- 2 Gilbreth F.B.; "Motion study". D.Van Nostrand Co. Princeton N.J., 1911. 116 pg.
- 3 Barnes, Ralph M.; "Motion and time study design and measurement of work". 7th edition. John Wiley & Sons. New York. 689 pg.
- 4 Gilbreth F.B. & L.M.; "Applied motion study". Sturgis & Walton. New York, 1917. 220 pg.
- 5 Mundel, Marvin E.; "Motion and time study (improving productivity)". 6th edition. Prentice-Hall. Englewood Cliffs N.J., 1962. 752 pg.
- 6 Lowry, S.M., Maynard H.B. & Stegemerten. "Time and motion study" 3rd. edition. McGraw-Hill Book Co. New York, 1940. 432 pg.
- 7 Maynard, H.B. (editor in chief); "Industrial Engineering Handbook". Sec.2 Ch.5 "Motion Study" by Anne G.Shaw. McGraw-Hill Book Co. 3rd edition, 1971. 1553 pg.
- 8 Polk Edward J.; "Methods analysis and work measurement" McGraw-Hill Book Co. New York 1984, 294 pg.
- 9 Niebel B.W.; "Motion and time study". 6th.edition Richard D.Irwin. Homewood Ill. 1976, 719 pg.
- 10 Holmes W.G.; "Applied time and motion study", revised, Ronald Press Co., New York, 1945. 383 pg.

C A P I T U L O 5

"SIMPLIFICACION DEL TRABAJO"

5.1	Introducción	120
5.2	Principios de la economía de movimientos	120
5.3	Principios de la economía de movimientos relativos al cuerpo humano	121
5.4	Principios de la economía de movimientos relacionados con el lugar de trabajo	132
5.5	Principios de la economía de movimientos relacionados con el diseño de las herramientas y el equipo	146
5.6	Factores humanos en la simplificación del trabajo	151
5.7	Conclusión	156
	Bibliografía	157

"SIMPLIFICACION DEL TRABAJO"5.1 Introducción

La simplificación del trabajo es básicamente una técnica utilizada por los ingenieros industriales que tiene la finalidad de obtener la forma más eficiente de ejecutar un trabajo determinado, esto es, aquel en el cual se obtenga una mayor economía de movimientos en los operarios.

En diversas ocasiones, Gilbreth formuló ciertas reglas para la economía de movimientos y para el rendimiento que tienen como objetivo primordial el lograr evitar al máximo los movimientos innecesarios o ineficientes, con el objeto que una operación dada sea lo más productiva posible¹.

Gilbreth puso especial énfasis en la necesidad de ampliar el conocimiento acerca de las capacidades inherentes de los diversos miembros del cuerpo humano y gracias a su enfoque pudo obtener algunas reglas para la economía de movimientos y reducción de la fatiga².

Con el tiempo, algunos investigadores posteriores a Gilbreth, lograron amalgamar la información que tenían disponible, para utilizarla como una guía en la determinación de los métodos de mayor economía. A este conjunto de reglas se le conoce como los principios de la economía de movimientos.

5.2 Principios de la economía de movimientos.

Es muy importante que el analista logre assimilar las reglas o principios de la economía de movimientos, ya que han sido y son aplicados con éxito en la industria.

Estos principios forman una base, un código o una serie de reglas que, si las aplica un analista en la técnica del estudio de movimientos, lograrán aumentar notablemente la producción de trabajo manual con un mínimo de fatiga.

1 Gilbreth F.B. & L.M.; "A fourth dimension for measuring skill for obtaining the one best way". Society of Industrial Engineering Bulletin. Vol.5 No.11. November, 1923.

2 Gilbreth F.B. "Fatigue study". 2nd Edition. Macmillan Co. New York, 1919, 175 pg.

No todos estos principios pueden aplicarse a todo tipo de trabajo, y algunos sólo pueden ser aplicados mediante la técnica de micromovimientos, que fue materia del pasado capítulo. Sin embargo, la mayor parte de ellos, han prestado un servicio inapreciable a la industria moderna, por lo que es esencial para poder incrementar la productividad de las empresas, que el analista tenga un conocimiento cabal de estos principios. Los principios de la economía de movimientos pueden clasificarse en tres subgrupos principales que son:

- a) Los relativos al cuerpo humano.
- b) Aquellos relacionados con la disposición del lugar de trabajo.
- c) Los relativos al diseño de herramientas y equipo.

En los incisos subsecuentes se procederá a explicar cada uno de ellos.

5.3 Principios de la economía de movimientos relativos al cuerpo humano.

1° Ley. Ambas manos deben iniciar y terminar simultáneamente sus divisiones básicas de trabajo y no deben estar inactivas al mismo tiempo, salvo durante los periodos de descanso.

No hay duda de que en muchas clases de trabajo se puede hacer más y mejor si se usan ambas manos que si se trabaja con una sola. Para la mayor parte de las personas resulta conveniente distribuir trabajo similar a izquierda y derecha del lugar del trabajo, ya le permite el movimiento conjunto de ambas manos y que cada una ejecute los mismos movimientos.

Gran parte de la gente considera natural trabajar productivamente con una mano mientras la otra sostiene el objeto sobre el que se trabaja; pero, generalmente, esto no es deseable.

En el momento en que la mano derecha se encuentre trabajando en la zona natural a la derecha del cuerpo, y la izquierda trabaje en un área normal a éste, el operario experimentará una sensación de equilibrio, que indudablemente tenderá a inducir un ritmo adecuado en la actuación del operario, lo que traerá consigo una maximización del rendimiento del trabajador. En situaciones en las que una mano tenga que ejercer alguna fuerza, mientras que la otra se encuentra ociosa, el cuerpo tendrá que desarrollar un esfuerzo adicional para conservar el equilibrio, esto ocasiona una mayor

fatiga que si ambas manos hubiesen ejecutado un trabajo útil similar³.

Este principio es susceptible de ser demostrado mediante una sencilla operación. Si se tienen 100 piezas, que deben ser transportadas por el operario tomándolas de una en una con la mano derecha, para luego soltarla sobre la mesa de trabajo después de recorrer 20 cm en dirección del operario. Una vez que han sido maquinadas las piezas, el operario debe colocar la pieza a 50 cm de la pila de piezas sin maquinar. (La operación de maquinado se efectúa sobre la misma mesa y toma muy poco tiempo).

Si el trabajador efectúa simultáneamente la operación de recoger la pieza sin maquinado y la de devolver la pieza a la pila de piezas maquinadas, con las manos derecha e izquierda simultáneamente, el operario experimentará la mitad de la fatiga que si utilizase el primer método.

2º Ley. Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.

Los movimientos simétricos de los brazos tienden a equilibrarse, reduciendo los choques y sacudidas del cuerpo y facilitando al obrero la ejecución de su tarea con menor esfuerzo físico y mental. Debido a este equilibrio se puede apreciar una menor tensión en el cuerpo cuando las manos se mueven simétricamente que cuando realizan movimientos no simétricos⁴.

Es normal que las manos se muevan con simetría: cualquier desviación de ésta en una estación de trabajo en que se utilizan las dos manos obliga al operario a ejecutar movimientos lentos y difíciles. Un sencillo experimento que demuestra la validez de este principio es tratar de trazar un triángulo con la mano derecha, mientras la izquierda traza un círculo en sentido contrario a la dirección de la mano derecha.

Los movimientos ideales son aquellos que se acercan y se alejan del cuerpo simultáneamente.

3 Niebel B.W. "Motion and time study", 6th.edition.
Richard D.Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.

4 Meister, David. "Human factors: theory and practice". John Wiley & Sons, New York, 1971. 415 pg.

3ª Ley. Los movimientos de las manos deben contener el menor número posible de divisiones básicas de trabajo y éstas deben limitarse a las de las clasificaciones del orden más bajo posible.

Esta es una ley fundamental de la economía de movimientos. A continuación se enuncia una lista de los cinco diferentes órdenes de los tipos de movimientos que están clasificados en orden creciente de complejidad, siendo que como se mencionará posteriormente, se debe tratar de utilizar movimientos de órdenes menores. En las cinco clases generales de movimientos de las manos, se debe de poner especial énfasis en la importancia de situar el material y las herramientas lo más cerca posible del punto en que han de utilizarse y de que los movimientos de las manos sean tan cortos como lo permita la tarea a realizar.

Clasificación general del orden de los movimientos de las manos⁵:

- a) Movimientos de los dedos.
 - b) Movimientos que comprenden dedos y muñeca.
 - c) Movimientos que comprenden dedos, muñeca y antebrazo
 - d) Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo, brazo y hombro.
 - e) Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo, brazo, y todo el cuerpo. Esta clase de movimientos necesita cambio de postura.
- A continuación se procede a explicar cada uno de ellos:

a) Movimientos de los dedos. Este tipo de movimientos es el más rápido de las cinco clases de movimientos y es fácilmente identificable, pues se efectúa accionando el dedo, o los dedos, mientras el resto del brazo permanece virtualmente inmóvil. Podemos citar como ejemplos típicos de este tipo de movimientos, operaciones tales como: poner la tuerca en su tornillo, oprimir la tecla de una máquina de escribir y sujetar una pieza pequeña. Comúnmente es de esperar una diferencia importante entre el tiempo requerido para realizar movimientos dactilares con cada uno de los dedos, puesto que, generalmente, el dedo índice puede moverse con mayor velocidad que el resto de los dedos. Esta situación es importante tenerla en cuenta, al momento de diseñar los centros de trabajo. Pese a que en la práctica, los dedos de la mano izquierda (en personas no zurdas) pueden llegar a moverse con una rapidez similar a los de la mano derecha, estudios detallados

⁵ Shaw A.G. "An introduction to the theory and application of motion study". H.M. Stationery office Co. London 1945.

demuestran que los primeros son más lentos que los segundos. R.H.Hoke⁴ realizó un estudio del teclado "universal" empleado en las máquinas de escribir, y encontró que la mano izquierda es un 11.10% más lenta que la derecha.

El analista debe darse cuenta que el movimiento de los dedos es el más débil de las cinco clases de movimientos. Por consiguiente, al momento de diseñar centros de trabajo en los que intervengan grandes esfuerzos manuales, el analista debe procurar el uso de clases de movimientos de orden mayor que el de los dedos.

b) Movimientos que comprenden dedos y muñeca. Los movimientos de los dedos y de la muñeca se efectúan mientras el antebrazo y el brazo permanecen prácticamente estáticos. Usualmente estos movimientos de dedos y muñeca toman más tiempo que los ejecutados sólo con los dedos. Movimientos típicos de los dedos y la muñeca se presentan al colocar una pieza en una plantilla o dispositivo de sujeción, o cuando se ensamblan dos piezas emboñantes. Los therbligs alcanzar y mover no pueden ser efectuados por movimientos de esta segunda clase a menos que las distancias a recorrer sean pequeñas y el movimiento de la muñeca baste para transportar el objeto.

c) Movimientos que comprenden dedos, muñeca y antebrazo. Los movimientos de dedos, muñeca y antebrazo suelen llamarse "movimientos de antebrazo" y son aquellos que realiza la extremidad superior por debajo del codo, mientras que el brazo propiamente dicho, permanece inmóvil. Este movimiento suele considerársele como muy eficiente, debido a que el antebrazo posee una fuerte musculatura y, en consecuencia, se fatiga menos. El tiempo necesario para efectuar movimientos de antebrazo es función de la distancia a recorrer y de la magnitud de la resistencia a vencer durante el movimiento. Es posible disminuir los tiempos del ciclo, si se diseña la estación de trabajo de forma que esta tercera clase de movimientos se empleen para ejecutar therbligs de transporte, en lugar de utilizar movimientos de la cuarta clase⁷.

⁴ Hoke R.E. "The improvement of speed and accuracy in typewriting", The John Hopkins University studies in education No.7. (Baltimore: John Hopkins Press, 1922)

⁷ Maynard H.B. (editor in chief). "Industrial Engineering Handbook" Sec.2 Ch. 5 "Motion study" by Anne G.Shaw. McGraw-Hill Book Co. Third edition.

d) Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo, brazo y hombro. El movimiento de dedos, muñeca, antebrazo y brazo, conocidos comúnmente como "movimientos de hombro" o de "cuarta clase", se emplean probablemente más que cualquier otro tipo de movimientos. Esta clase de movimientos toma mayor tiempo, en distancias iguales, que las otras tres clases anteriormente descritas. Los movimientos del hombro se utilizan para ejecutar therbligs de transporte de piezas que sólo pueden alcanzarse extendiendo el brazo. El tiempo necesario para efectuar los movimientos de cuarta clase son básicamente función de las distancias de traslado y de las resistencias al mismo.

e) Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo, brazo y todo el cuerpo. Estos movimientos son aquellos que se ejecutan con la totalidad del cuerpo y, forzosamente, necesitan de un mayor tiempo para su ejecución. El movimiento del cuerpo abarca el tobillo, la rodilla, la cadera y todo el tronco en general. Es importante notar que mientras que los movimientos de primera clase requieren un menor tiempo y esfuerzo, los de quinta clase son considerados menos eficientes. Es por eso que el analista debe siempre tratar de utilizar la clase de movimiento de orden más bajo para realizar adecuadamente el trabajo. Para lograr este cometido, necesitará analizar cuidadosamente la localización del material y herramental de forma que se pueda disponer de los mejores patrones o esquemas de movimientos.

4ª Ley. Debe de tratarse que todo el trabajo que deba realizarse con los pies, se ejecute al mismo tiempo que el que se realice con las manos.

Debido a que la mayor parte de los ciclos de trabajo se efectúan con las manos, resulta costoso librarlas de algo de trabajo que es posible ejecutar con los pies, siempre y cuando este trabajo se realice mientras las manos se encuentran ocupadas. Siendo las manos mucho más hábiles que los pies, sería inadecuado que estos últimos ejecutaran algún trabajo estando las manos inactivas. Casi siempre es posible idearse operaciones en las que es factible llevar esto a cabo, mediante dispositivos de pedales, que permiten realizar la sujeción de las piezas y su expulsión, la alimentación de una máquina, etc., dejando libres las manos para hacer trabajo útil y acortando de esta manera el tiempo del ciclo. No debe hacerse ningún movimiento con los pies cuando las manos estén ociosas, a no

ser que sea sólo para ejercer presión mediante un pedal°. En el proyecto de estaciones de trabajo en los que interviene la coordinación de movimientos entre manos y pies es importante tener precaución de que no se necesiten movimientos simultáneos de estas extremidades.

5° Ley. Debe de aprovecharse el impulso o ímpetu físico para ayudar al obrero, o bien, debe de reducirse a un mínimo si se ha de vencer con esfuerzo muscular del operario.

El impulso, ímpetu o cantidad de movimiento de un objeto es igual a su masa multiplicada por su velocidad. En la mayoría del trabajo en una fábrica, el peso total movido por el operario consta de tres partes: el peso del material, el de las herramientas o dispositivos utilizados y el de la parte del cuerpo que se mueve°. Frecuentemente, se puede utilizar el impulso de la mano, del material o de la herramienta para realizar un trabajo útil. Cuando se necesita un golpe fuerte, se deben disponer los movimientos del obrero de forma que el golpe se dé cuando llega a su impulsión máxima°. Por ejemplo, al construir un muro de ladrillos, si se transportan los ladrillos desde la plataforma de almacenamiento hasta el muro sin ninguna parada, se puede usar su impulsión para realizar un trabajo útil ayudando a empujar el mortero. Si, en vez de utilizarla, han de vencer su impulsión los músculos del albañil, se provocará la fatiga.

En muchas ocasiones, el impulso no tiene un valor productivo, en estos casos, su presencia no es deseable, debido a que son los músculos del propio operario los que han de contrarrestarla. Cuando se presenta un caso así, se deben de estudiar los tres casos de peso o masa antes mencionados, con el fin de reducir cada uno de ellos al mínimo. Además, debe mantenerse baja la velocidad de los movimientos, haciendo que estos sean lo más cortos posibles. En muchos casos, algunas herramientas son más eficaces si se construyen del material más ligero disponible. Este tipo de herramientas tienen menor impulsión por su menor masa. Para muchas clases de trabajo, el uso de una pala

8 Mundel, Marvin E.; "Motion and time study (improving productivity) 6th.edition. Prentice-Hall Inc. Englewood cliffs N.J., 1970.

9 Gilbreth, F.B. "Motion Study". D.Van Nostrand Co. Princeton N.J., 1911 pg.63

10 Myers C.S. "Industrial Psychology in Great Britain" pg.88 Jonathan Cape. London 1926.

pesada produce mayor fatiga que el de una más ligera de las mismas dimensiones y rigidez.

Desde el punto de vista de micromovimientos, es importante hacer notar que conforme las manos pasan por los elementos de trabajo que constituyen una operación, se irá desarrollando un impulso durante los therbligs alcanzar y mover, y se contrarrestará cuando se efectúen los therbligs colocar en posición y soltar. Para aprovechar plenamente el impulso desarrollado, los sitios de trabajo deben diseñarse de forma que la pieza terminada pueda ser soltada en una zona de entrega, mientras que las manos van en camino de tomar otras piezas o herramientas, sin tener que experimentar ninguna desaceleración en sus movimientos. Esto permite a las manos ejecutar los elementos de alcanzar aprovechando el ímpetu desarrollado, y ayudando a ejecutar el therblig más fácil y rápidamente.

6° Ley. Son preferibles los movimientos suaves y continuos de las manos a los movimientos en zigzag o en línea recta con cambios de dirección repentinos y bruscos.

Los movimientos bruscos que implican aceleraciones rápidas de los miembros son siempre ineficientes y provocan grandes fatigas. Este principio es fácilmente demostrable si se mueve una mano de tal forma que describa un rectángulo, y luego moviéndola de forma que dibuje un círculo que tenga aproximadamente la misma magnitud. Es evidente que costará más trabajo describir los rectángulos ya que esto implica mover las manos en ángulos de 90°, mientras que en el círculo no existen cambios bruscos de dirección. Para llevar a cabo un cambio de dirección, la mano tiene que desacelerar, luego cambiar su dirección de movimiento y volver a acelerarse hasta el momento de otra desaceleración antes de ejecutar el siguiente cambio de dirección. Por el contrario, los movimientos continuos en línea curva no requieren desaceleración y, en consecuencia, pueden ejecutarse con mayor rapidez por unidad de distancia¹¹.

11 Lowry S.M.; Maynard H.B. & Stegemerten G.J. "Time and motion study". 3rd. edition. McGraw-Hill Book Co. New York, 1976. 491 pg.

7º Ley. Los movimientos tipo "balísticos" son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos o tipo "controlados"

Los movimientos voluntarios de los miembros del cuerpo humano pueden dividirse en dos clases o grupos generales¹²:

a) En movimientos de tipo controlado o de fijación; en los que se contraen grupos opuestos de músculos: un grupo contra otro, como en cualquier operación de sujeción. Por ejemplo, al llevar el lápiz hacia el papel, para escribir, dos o más grupos de músculos se ponen en acción. Los músculos positivos mueven la mano y los antagonicos se oponen al movimiento. Cuando los dos grupos de músculos no se equilibran, la mano se mueve y cuando se equilibran exactamente, la mano se mantiene inmóvil, aunque dispuesta a actuar en cualquier dirección e instante. La operación de escribir es un ejemplo típico de movimientos de fijación.

b) En movimientos tipo balísticos. El movimiento balístico es fácil y rápido, y por ende, muy eficiente. Es provocado por la contracción de un grupo de músculos positivos, sin que se contraiga ningún grupo de músculos negativos para oponérsele. La contracción de los músculos provoca el movimiento de los miembros del cuerpo, y como aquellos actúan solo en la primera parte del movimiento, el miembro continúa su movimiento con los músculos relajados. El movimiento balístico está controlado por el impulso inicial y, una vez en marcha, es muy difícil cambiarle de dirección¹³. Un movimiento de tipo balístico puede ser abortado por:

- a) La contracción de músculos opuestos.
- b) Un obstáculo en su trayectoria.
- c) Por la disipación del impulso del movimiento.

Es mucho más eficiente el movimiento tipo balístico sobre el de fijación, y debe utilizarse el primero siempre que se pueda, ya que es menos fatigoso, debido a que los músculos experimentan su contracción solo al momento de arrancar con el movimiento y están en descanso el resto del mismo. El movimiento balístico es más potente, rápido y exacto y provoca menos calambres musculares. Es mucho más suave que el movimiento de fijación, que es causado por la contracción de dos grupos de músculos que actúan continuamente uno en contra del otro. Un

¹² Meister, David. "Human Factors: theory and practice". John Wiley & Sons., New York, 1971. 415 pg.

¹³ Hartson L.D. "Analysis of skilled movements". Personal Journal, Vol II., No 1. pp. 28-43.

excelente ejemplo de movimiento balístico nos lo da un carpintero hábil al mover su martillo para clavar un clavo. Dirige el martillo y luego lo impulsa. Los músculos se contraen solo durante la primera parte del movimiento y permanecen inactivos el resto de la trayectoria. Las curvas oscilantes descritas por la batuta de un director de orquesta son otro ejemplo de movimiento balístico. El científico norteamericano P.R.Spencer¹⁴ se dio cuenta del valor de este tipo de movimientos y desarrollo un método de escritura a mano libre, que es más rápido, mas exacto y menos cansado que el método índice-pulgar que toda la gente utiliza, en el cual los músculos están tensos. El movimiento balístico es el que se les enseña a los operarios telegráficos, pianistas, violinistas, atletas, etc., todos los cuales han de ejecutar movimientos rápidos y exactos.

La experiencia demuestra que no es difícil desarrollar los movimientos libres, sueltos y fáciles de la muñeca y antebrazo. La mano debe moverse alrededor de la muñeca para los movimientos cortos, y el antebrazo alrededor del codo para los largos. Los experimentos demuestran que los movimientos de muñeca y codo son más expeditos que aquellos efectuados por dedos u hombros¹⁵.

Bº Ley. Los dedos cordial y pulgar son los más fuertes para el trabajo. El índice, el anular y el meñique no pueden soportar cargas considerables por periodos largos.

La anatomía de las manos es bastante más compleja de lo que se piensa, ya que en ocasiones por sentido común se piensa que el dedo índice por ser el más rápido es también el más fuerte, cosa que es absolutamente falsa, puesto que está demostrado que el cordial y el pulgar son los dedos más fuertes en la mano, por lo que si se tiene que manejar o sostener alguna carga que sea relativamente pesada, deberá usarse el dedo cordial o una combinación del cordial e índice, puesto que en ocasiones el pulgar, debido a su particularidad de tener sólo dos falanges, no resulta idóneo para algunas operaciones.

14 Spencer P.R. "A work on hand free writing";Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1969. 115 pg.

15 Bryan W.L. "On the development of voluntary motor ability"., American Journal of Psychology. Vol 5, num 2., pg.171.

9° Ley. Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operario se encuentra de pie.

Es importante que cuando el operario se encuentre de pie no se vea obligado a accionar pedales, ya que experimentará un desbalanceo natural al poner su planta del pie en un ángulo diferente de cero con respecto a la horizontal, parte del peso del cuerpo incidirá incisivamente sobre el tobillo, y al tener una pierna en una posición diferente a la otra, el operador tendrá dificultades para mantener su equilibrio.

10° Ley. El trabajo debe planearse de tal forma que permita un ritmo continuo y suave, siempre que sea posible.

El ritmo es esencial para la ejecución suave y continua de una operación. La palabra ritmo suele tener varias interpretaciones. La más frecuente es la de velocidad o rapidez con que se hacen movimientos repetidos. En este sentido se habla del ritmo de andar o respirar. Se dice que el operario alimenta una máquina con un ritmo que depende de la velocidad de la misma. Por consiguiente, en este sentido, el ritmo se refiere a la repetición regular de cierto ciclo de movimientos de un individuo.

El ritmo es muy importante para el obrero, ya sea en el sentido de un orden regular de movimientos uniformes o en el de uno de movimientos acentuados. Disponiendo debidamente el lugar de trabajo, herramientas y materiales, se consigue uniformidad, facilidad e incluso velocidad en el trabajo. El orden de movimientos apropiados permite al obrero establecer un ritmo, que le ayuda a ejecutar la operación casi automáticamente, sin necesidad de efectuar esfuerzo mental alguno por su parte.

Algunos teóricos¹⁶ sugieren que cada persona tiene su ritmo individual natural o velocidad de movimiento ideal que le permiten trabajar maximizando su eficiencia, y que en consecuencia, se debe de permitir al operario trabajar a su velocidad natural, por lo que no se debe de ejercer ninguna presión exterior que le haga trabajar más rápidamente que su ritmo natural. Sin embargo, es lógico que resulte difícil de encontrar el ritmo de trabajo natural de cada persona por lo que esta teoría, pese a que es totalmente válida no ha tenido la popularidad de otras puesto que resulta muy caro a la empresa realizar estudio individuales cuyo cometido

¹⁶ Farmer E. "Time and motion study". Engineering and Industrial Management magazine. Vol VII, num 5.

sea determinar los ritmos naturales de cada trabajador.

El hábito afecta poderosamente a la velocidad y al orden de los movimientos utilizados por un obrero al momento de ejecutar una tarea. Una vez formado el hábito, el obrero necesita realmente un verdadero esfuerzo para cambiarlo o modificarlo.

La gran mayoría de los operarios requieren de un esfuerzo consciente y de una cierta persistencia para ejecutar una tarea nueva o bien, una tarea antigua con un método diferente al que venían realizándolo.

Si se logra ordenar los movimientos básicos de una sucesión dada de modo que haya una repetición regular de elementos, o que éstos se alternen regularmente, las manos trabajarán instintivamente en forma rítmica. Cuando el trabajo se ejecuta con tal regularidad o fluidez de movimientos, se tendrá la impresión de que el operario trabaja sin esfuerzo, pero sin duda que la productividad será mayor y la fatiga mínima.

11° Ley. Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.

Al momento de extender el codo, los músculos del brazo tienden a la distensión, por lo que, si se obliga al brazo a realizar movimientos de torsión en semejante posición, se distenderán excesivamente los tendones y demás músculos. Debido a esto se recomienda que el codo este "doblado" al momento de aplicar momentos de torsión en la operación.

12° Ley. Los puntos en que se fije la mirada deben ser tan escasos en número y tan próximos entre sí como sea posible.

Pese a que es posible ejecutar ciertas clases de trabajo con poca o nula dirección de la vista, cuando se requiera de percepción visual, es deseable diseñar la tarea de suerte que los ojos puedan dirigir el trabajo con eficacia, esto es, que el lugar de trabajo este planeado para que los puntos en que la mirada ha de fijarse sean escasos y lo más próximos entre sí.

La distancia que han de recorrer los ojos y las manos, así como la naturaleza de la operación, determinarán si las manos han de esperar a los ojos, con el consecuente incremento del tiempo requerido para ejecutar la tarea.

Existen ciertas exigencias de visibilidad comunes a todos los centros de trabajo. Algunos equipos o aparatos de control pueden ser localizados visualmente desde puntos cercanos o alejados. Otras áreas requerirán atención más concentrada. Dispo-

niendo apropiadamente los objetos que exigen una observación más detenida, tales como instrumentos y medio indicadores se reducirá la fatiga ocular.

5.4 Principios de la economía de movimientos relacionados con el lugar de trabajo.

1º Ley. Debe de existir un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales.

El operario debe poder encontrar las herramientas y los materiales siempre en el mismo lugar. De igual manera, las piezas terminadas y las unidades montadas deben tener sitios fijos. Debe ser innecesario que el operario piense dónde están situados los materiales.

Los emplazamientos definidos de materiales y herramientas ayudan a crear el hábito en los obreros, permitiendo el rápido desarrollo de la habilidad. Con frecuencia, los materiales y herramientas están desperdigados sobre el lugar de trabajo y en un desorden tal, que el operario no solo ha de ejercer un esfuerzo mental, sino que también ha de rebuscar la pieza o herramienta que necesita en un momento dado. Los obreros deben de estar convencidos de las ventajas que les proporciona tener zonas definidas para materiales y herramientas, ya que ello reduce la fatiga y ahorra tiempo.

Para confirmar este principio de economía de movimientos, podemos recurrir a la siguiente analogía: al conducir un vehículo es frecuente que se disponga de poco tiempo para frenar con el pedal, so pena de sufrir una colisión, es por ello que el pedal de freno debe estar en una ubicación fija, ya que no tenemos tiempo para estar localizándolo. El cuerpo responde instintivamente y aplica presión en el sitio en que el conductor sabe con certeza que está el pedal de freno. Si la ubicación de dicho pedal variase de vez en vez, se requeriría un mayor tiempo para efectuar la desaceleración del automotor. De igual manera, las breves vacilaciones que ocurren al buscar y seleccionar los diversos objetos que se necesitan para ejecutar una operación, quedarán eliminadas o reducidas al mínimo si en la estación de trabajo se destinan sitios fijos para las herramientas y los materiales.

Cuando la vista ha de dirigir la mano para alcanzar un objeto, su acción precede ordinariamente a la de la mano. No obstante, si los materiales o herramientas están situados en un lugar definido y se cogen siempre del mismo sitio, la mano encuentra automáticamente la situación correcta y, en muchos casos, la mirada puede permanecer fija en el

punto en que se utilizan las herramientas y los materiales.

2° Ley. Todas las herramientas y los materiales deben de situarse dentro del perímetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como en el vertical.

Con mucha frecuencia, se distribuyen las herramientas y los materiales en líneas rectas sobre el lugar de trabajo, sea éste banco, máquina, escritorio o mesa. Esta disposición no es correcta, puesto que las personas trabajan naturalmente en zonas limitadas por líneas que son arcos de circunferencia.

Considerando el plano horizontal, existe una zona muy definida y limitada que puede utilizar el operario con un esfuerzo normal. Hay una zona de trabajo normal para la mano derecha y otra para la mano izquierda cuando trabajan por separado, y otra para ambas manos trabajando conjuntamente.

El área normal de trabajo en el plano horizontal para la mano derecha, comprende el área descrita por el antebrazo al girar con centro en el codo. Esta área será la zona más conveniente, dentro de la cual pueden realizarse movimientos por la mano derecha con un gasto normal de energía.

De manera similar puede definirse una zona normal para la mano izquierda.

Los arcos normales trazados por las manos derecha e izquierda se cortarán en un punto situado enfrente del obrero. La superficie común a ambos constituye la zona en la que puede realizarse más convenientemente el trabajo con ambas manos.

La figura anexa 5-1 nos muestra las dimensiones de las superficies de trabajo normal y máxima en los planos horizontal y vertical, según estudios de Richard R. Farley¹⁷ y publicados en la obra "Some principles of methods and motion study as used in development work."

Existe una zona máxima de trabajo para la mano derecha y otra para la mano izquierda, trabajando por separado y otra para ambas manos trabajando conjuntamente (ver figura 5-1). La superficie máxima de trabajo de la mano derecha está determinada por un arco trazado con un movimiento de la mano derecha sobre la mesa, teniendo como centro el hombro derecho. El área máxima de trabajo de la mano izquierda se determina en forma similar por un arco trazado con un movimiento de la mano izquier-

¹⁷ Farley, Richard R. "Some principles of methods and motion study as used in development work". General Motors Engineering Publications, vol 2. No.6., pg.20-25 Nov-Dic.1955.

da. La superficie común a estos dos arcos máximos constituye una zona, más allá de la cual no se puede ejecutar un trabajo con ambas manos sin provocar cambios de postura acompañados por un exceso de fatiga.

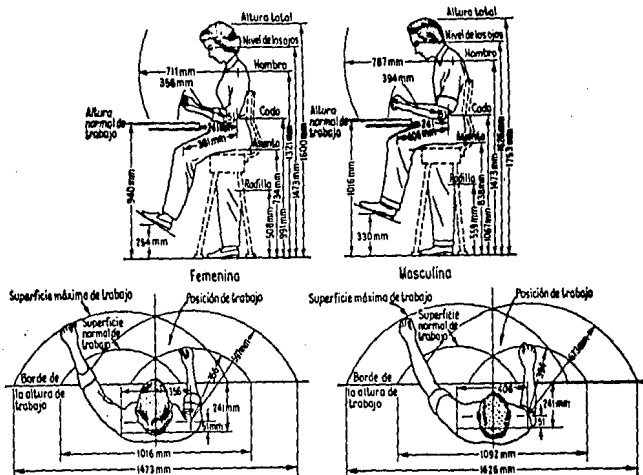


FIG 5-1 "SUPERFICIES DE TRABAJO".

Los conceptos anteriormente citados para el plano horizontal, son igualmente válidos para el plano vertical. Se puede determinar igualmente un espacio de trabajo máximo en el plano vertical, más allá del cual no se puede realizar un trabajo sin cambiar de postura. La figura anexa 5-2^o nos muestra el Área normal y máxima de trabajo en el plano vertical para mujeres. En el caso de hombres la magnitud de los valores debe multiplicarse por 1.09.

Es importante que al proyectar dispositivos o máquinas y estaciones de trabajo, se tengan en cuenta factores como alcance de los brazos, espacio libre para las piernas y sostén para el cuerpo, puesto que estas dimensiones corporales humanas

1B Niebel, B.W. "Motion and time study". 6th.ed. Richard D. Irwin. Homewood Ill, 1976. 719 pg.

son elementos muy importantes para establecer un ambiente cómodo y eficiente para el trabajador.

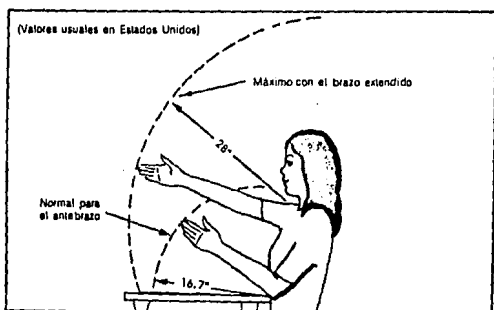


FIG. 5-2 "AREAS NORMALES DE TRABAJO".

Las figuras 5-3 y 5-4¹⁹ nos muestran la importancia que tiene el hecho de colocar el material alrededor del lugar de trabajo y tan próximo al mismo como sea posible. En la figura 5-3 la disposición del lugar de trabajo es inadecuada puesto que los depósitos están excesivamente lejos de la pieza sobre la cual hay que efectuar montaje, lo que exige doblar el cuerpo para alcanzarlos. Por el contrario, la figura 5-4 nos muestra una disposición correcta del lugar de trabajo. Los depósitos están colocados alrededor del operario, de forma que puede alcanzar las piezas de cada uno de ellos con movimientos fáciles y rápidos de los antebrazos. En muchas clases de trabajo, los ojos han de dirigir las manos. En estos casos, el área de trabajo debe estar completamente enfrente del obrero, de forma que, los puntos en los que haya de fijarse la mirada sean lo menos numerosos y lo más próximos posible. En otras palabras, el ángulo "A" de la figura 5-4 debe ser lo más reducido posible, y la distancia "Y" tan pequeña como lo permita la naturaleza del trabajo que realiza el obrero.

Las herramientas y piezas que se han de manejar varias veces durante la operación deben situarse más cerca del ensamble que aquellas otras que se utilizan una sola vez.

¹⁹ Barnes, Ralph M. "Motion and time study and measurement of work" 7th.edition. John Wiley & Sons. Pg.205

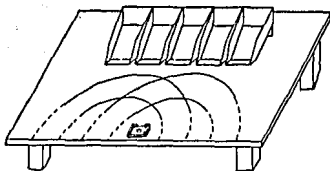


FIG 5-3 "DISPOCISION INCORRECTA".

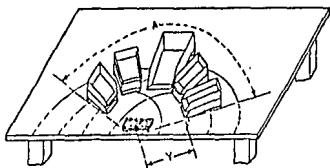


FIG.5-4 "DISPOCISION CORRECTA".

3º Ley. Se deben de utilizar depósitos y recipientes de suministro y entrega o descarga por gravedad para entregar el material cerca del punto de utilización.

Una cajita de piezas con fondo inclinado permite al material deslizarse por gravedad hacia adelante, con lo que el operario evita tener que introducir la mano en el recipiente para coger las piezas.

De igual manera, se debe diseñar el trabajo de forma que se suelten las unidades acabadas en la posición en que terminan, enviándolas a su destino por gravedad. Esto ahorra tiempo y, además permite a las manos comenzar el ciclo siguiente simultáneamente, sin romper el ritmo. Si se utiliza una banda para transportar las piezas terminadas, se debe situar de forma que éstas se puedan soltar en el punto en el cual se finaliza su manufactura o en un punto cercano a éste.

La descarga por gravedad permite retirar dentro del área normal de trabajo las piezas acabadas, eliminando así la necesidad de movimientos a gran distancia para retirar dichas piezas terminadas. Las canaletas de gravedad permiten conservar ordenado y limpio el lugar de trabajo ya que las piezas acabadas desaparecerán de la estación en lugar de amontonarse alrededor del sitio de trabajo.

4º Ley. Se deben de adecuar todos aquellos factores que intervengan en el estado que guarda el ambiente del centro de trabajo como el alumbrado, la ventilación y la temperatura entre otros.

La percepción visual puede tener lugar en condiciones tan variables que lo planeado para una clase de trabajo no siempre es lo más satisfactorio para otras. Por ejemplo la luz para fabricar relojes es muy diferente que la necesaria para acarrear productos en proceso de un lugar a otro dentro de la planta. Si se tiene una iluminación adecuada se facilita la acción de ver. Por iluminación adecuada se quiere decir:

- a) Luz de intensidad suficiente para la tarea en cuestión.
- b) Luz del color adecuado y sin deslumbramiento.
- c) Luz orientada en la dirección necesaria.

Es importante tener en consideración que la visibilidad de un objeto es función de²⁰:

- a) el brillo del objeto.
- b) su contraste con el fondo.
- c) el tamaño del objeto.
- d) el tiempo disponible para verlo.
- e) la distancia del objeto al ojo.
- f) otros factores varios como distracción, fatiga, tiempo de reacción y deslumbramiento.

Estas variables están relacionadas de tal manera, que una deficiencia en una de ellas puede compensarse con el aumento de una o varias de las otras, siempre que todos los factores sean superiores a ciertos límites.

Algunas de los métodos empleados para obtener un buen alumbrado son:

- a) Reducir el deslumbramiento de los operarios instalando el número adecuado de fuentes de luz para la iluminación adecuada, en lugar tener un número reducido de lámparas poderosas que pueden deslumbrar en las cercanías a ésta.
- b) Utilizar lámparas incandescentes con bulbos de material opalescente con el objeto de disminuir el deslumbramientos, ya que este tipo de lámparas tienen la cualidad de poder esparcer la luz sobre una superficie mayor.
- c) Lograr una aproximación satisfactoria a la luz pura o blanca para la mayoría de los usos empleando focos o lámparas incandescentes, o bien

20 Faulkner, Terrence W. & Murphy, Thomas J. "Lighting for difficult visual tasks". Human Factors. Vol.15 No.2 pp.149-162. April 1973.

unidades fluorescentes de luz blanca individuales. Se se considera que la luz blanca es la que proporciona la mejor iluminación para la mayor parte de las tareas.

d) Eliminar toda sombra proporcionando el nivel correcto de iluminación en todos los puntos de la estación de trabajo. Frecuentemente la iluminación que proviene del techo, esto es, la que está por encima del operario es inadecuada, puesto que la sombra que éste proyecta sobre la pieza de trabajo, en ocasiones impide una clara visibilidad, esto es especialmente válido para ensambles de alta precisión. Debido al creciente aumento del costo de la energía, se deben de identificar cuidadosamente las áreas con demasiada iluminación, así como las zonas con iluminación deficiente.

Un alumbrado defectuoso es un factor muy importante entre los que provocan el cansancio de un obrero, la baja calidad de un producto, o una productividad deficiente.

La figura adjunta 5-5^a, nos muestra los resultados de un estudio realizado por el National Safety Council de E.U., en su boletín 50, en el cual se apunta que los ojos se emplean en trabajo "serio" aproximadamente el 70% del tiempo, y que toda deficiencia en la correcta iluminación aumentará el consumo de energía corporal. Una mejor iluminación libera más energía para efectuar trabajo útil.

Una mejor iluminación libera más energía para efectuar trabajo útil.

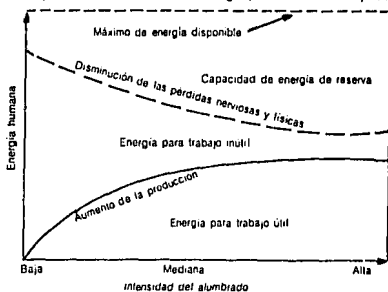


FIG. 5-5 "GRAFICA ILUMINACION-ENERGIA HUMANA"

21 National Safety Council. Bulletin No.50 pg.9. NSC. Press, Cleveland Ohio.

Médicos, especialistas industriales y psicólogos coinciden en que los colores también pueden producir efectos estimulantes o deprimentes. El crear un ambiente físico en el trabajo que evite la fatiga visual y establezca una atmósfera agradable alrededor del operario, tenderá inevitablemente a una disminución de accidentes y estimulará la producción²².

La ventilación tiene también una importancia relevante en el control de accidentes y de la fatiga de los operarios. Se ha comprobado que gases, vapores, humos, polvos y toda clase de olores causan fatiga que disminuye la eficiencia física de un trabajador²³, y suele originar tensiones mentales. Los resultados de laboratorio indican que el efecto deprimente de una mala ventilación está asociado directamente al movimiento del aire, así como de su temperatura y humedad.

Cuando aumenta la por ciento de humedad en el aire, el enfriamiento por medio de la evaporación del cuerpo disminuye, reduciendo la capacidad del organismo para disipar el calor. Estas condiciones aceleran el ritmo cardiaco, elevan la temperatura del cuerpo y producen una lenta recuperación después de las labores, dando por resultado una fatiga considerable.

Se ha descubierto que a una temperatura ambiente de 24°C y 50% de humedad relativa, se efectúa 15% menos de trabajo en labores manuales pesadas, que a 20°C y la misma humedad; y que a los 30°C y 80% de humedad se realiza un 28% menos de trabajo²⁴. Como se puede notar, la humedad y la temperatura, son factores que actúan en detrimento de la productividad.

Se ha observado también que en condiciones de aire estacionario se produce 9% menos trabajo que en sitios ventilados con las mismas temperaturas y humedades relativas. Experimentos adicionales revelaron que incrementos correspondientes en la producción, la seguridad y ánimo del personal labo-

22 "Handbook of human engineering data" 2nd. edition. Institute for applied experimental psychology, Tufts college, Medford, Mass. pg.35-42

23 "Handbook of human engineering data" 2nd. edition. Institute for applied experimental psychology, Tufts college, Medford, Mass. pg.65-73.

24 Niebel; B.W. "Motion and time study". 6th.ed. Richard D.Irwin . Homewood Ill, 1976. pg.89-92.

rante se obtienen cuando se introduce una ventilación adecuada en los sitios de trabajo²⁵.

Por otra parte, tanto los ruidos estridentes como los monótonos, producen fatiga en los operarios. Ruidos intermitentes o constantes tienden también a excitar emocionalmente a un trabajador, alterando su estado de ánimo y dificultando que realice un trabajo de precisión. Controversias, conflictos personales y otras formas de mala conducta entre los obreros, pueden ser atribuidas con frecuencia a ruidos perturbadores. Experimentos demuestran²⁶ que niveles de ruido irritantes aceleran el pulso, elevan la presión sanguínea y aún llegan a ocasionar irregularidades en el ritmo cardíaco. Para contrarrestar el efecto del ruido, el sistema nervioso del organismo se fatiga, llegando a producir estados de gran tensión.

Otro factor muy importante para crear un ambiente de trabajo óptimo es el concerniente a la temperatura.

El cuerpo humano trata naturalmente de conservar una temperatura media constante de unos 36°C. Cuando el cuerpo humano se expone a una temperatura alta, tiene lugar una gran transpiración en el organismo y gran cantidad de sudor se evapora de la piel. En la transpiración sale también cloruro de sodio a través de los poros y queda ahí como residuo de la evaporación. Todo esto significa una pérdida directa para el cuerpo y puede alterar el equilibrio normal de los líquidos del cuerpo. El resultado lógico de esta situación es una fatiga y calambres por el calor, que ocasionan una sensible disminución en los volúmenes de producción del operario. La actuación de un buen operario disminuye en la misma proporción que la de un trabajador medio y la de uno menos que mediano. En labores de oficina, como la mecanografía, no sólo disminuye la cantidad de trabajo sino que también decrece la calidad, estos es, la cantidad de errores aumenta considerablemente.

Por otra parte, estudios de tiempos muy detallados han revelado²⁷ la pérdida de producción

25 American Society of heating, refrigerating and air conditioning engineers journal. Vol.25 No.XIII. pg.15-21

26 McCormick, Ernest J. "A study on effects of noise in working processes" International journal of production research"- Vol III No.15 July-August 1970.

27 Alford L.P., Bangs, John R & Hagemann, George E. "Production Handbook", Ronald Press Co. New York, 1953. 1871 pg.

ocasionada por condiciones de frío excesivo. La temperatura debe regularse de tal manera que permanezca entre los 18°C y 24°C durante todo el año. Si se logra mantener este nivel, las pérdidas y retrasos por exceso de calor o de frío, como calambres, fatiga y alteración de la destreza manual, se reducirán al mínimo.

Otro factor decisivo para lograr un buen ambiente de trabajo es el relativo a la eliminación de polvos, humos, vapores, gases y nieblas irritantes y nocivos, puesto que los desechos de esta clase generados por los diversos procesos industriales, constituyen uno de los más graves peligros que tienen que afrontar los trabajadores.

La National Safety Council de E.U.²⁰, ha elaborado una clasificación de los tipos de polvos que de alguna forma atentan contra la seguridad de los trabajadores:

a) Polvos irritantes, como los metálicos y de piedras o rocas.

b) Polvos corrosivos, como los de sosa y cal.

c) Polvos venenosos, como los provenientes de plomo, arsénico o mercurio.

d) Polvos derivados de pieles, plumas y pelo, que pueden contener gérmenes que puedan transmitir infecciones al trabajador.

Todos estos peligros son susceptibles de eliminarse si se emplean medios adecuados como son:

a) Sistemas de escape o extracción.

b) Aislamiento total del proceso.

c) Dispositivos humedecedores o de absorción.

d) La protección completa al personal por medio de equipo individual de respiración.

Sin embargo, el método más efectivo de control de polvos y vapores es, probablemente, el uso de sistemas de escape o extracción locales, en los que se instala una campana de aspiración de las sustancias a eliminar en el propio sitio de generación.

5ª Ley. La altura del lugar de trabajo y la del asiento correspondiente a cada operario deberán combinarse de forma que permitan a éste sentarse o ponerse de pie con facilidad mientras trabaja.

El trabajador debe poder cambiar de posición durante el trabajo, permaneciendo de pie o sentado, según lo prefiera, puesto que si ejecuta

28 National Safety Council. Bulletin No.32.pg.5-11.
NSC. Press, Cleveland Ohio.

su trabajo de esta manera, descansan ciertos músculos, y el cambio de posición influye favorablemente sobre el sistema circulatorio. Se ha comprobado que el permanecer mucho tiempo sentado o de pie produce más cansancio que el cambiar alternativamente de postura²⁹.

En muchas clases de trabajo resulta sumamente fácil disponer el lugar de trabajo para que pueda laborarse de pie o sentado.

Sería altamente aconsejable que la altura del lugar de trabajo y la de la silla estuviesen de acuerdo con la del operario; esto, sin embargo, no es siempre posible, por lo cual se suelen utilizar en muchos casos las dimensiones que más se adaptan a las de un operario de estatura media. (Ver página 154: Ingeniería Humana.)

El lugar de trabajo debe estar preparado de forma tal que se deje sitio para colocar debajo, cómodamente, las dos piernas del operario. Por ello, hay que eliminar las columnas, soportes y otros posibles obstáculos bajo el mismo que puedan interferir la posición normal del trabajador, haciéndole adoptar posturas inadecuadas o incómodas. Es conveniente que la mesa o banco de trabajo no tenga un espesor mayor de 5 cm, dándole una altura tal que la distancia entre la parte superior del asiento y la superficie inferior de la mesa esté comprendida entre 15 y 25 cm.

Una mesa de trabajo de 92 cm sería demasiado alta para una persona de estatura baja, pero puede adaptarse a su altura, si se coloca una tarima sobre el suelo, encima de la cual puede permanecer de pie el operario. En los casos de obreros muy altos, se coloca sobre la mesa de trabajo otra pequeña plataforma, con el objeto de levantar la zona de trabajo.

En general, los asientos (silla o banquillo) deben tener la suficiente anchura y longitud para sostener adecuadamente el cuerpo, pero no ser tan largos que lleguen a la parte posterior (o corvas) de las rodillas de los operarios de corta estatura.

A veces, la naturaleza de la tarea a realizar aconseja la instalación de apoyos para los brazos en el lugar de trabajo. Estos apoyos son de gran utilidad en aquellas labores que precisan movimientos muy pequeños de los antebrazos, y en los que las manos trabajan siempre en la misma posición, frecuentemente a cierta distancia del cuerpo

29 "First principles of industrial posture and seating", New York Department of labor, special bulletin. 141 pg.2, January, 1926.

y por largos periodos de tiempo. En estos casos pueden colocarse apoyos de metal o de madera, almohadillas; en la parte superior del banco o mesa de trabajo, de forma que soporten el antebrazo. Estos apoyos no deben impedir en modo alguno los movimientos de los brazos y de las manos del obrero que los utilice. Cuando se utilizan asientos altos deben colocarse apoyos para los pies, los cuales han de estar unidos al suelo o al banco de trabajo preferiblemente, o bien a la silla. El apoyo para los pies debe ser lo bastante amplio para que ambos pies puedan descansar por completo en él y permitirles algún movimiento.

Se reducirán en forma importante la fatiga y la monotonía del trabajo de un operario si su centro de trabajo es de una altura adecuada y su asiento conveniente, de modo que pueda laborar tanto de pie como sentado. Se ha comprobado³⁰ que la monotonía es un factor importante del cansancio de un trabajador, y considerando la tendencia actual hacia la especialización y el consiguiente aumento de los accidentes por causa de la fatiga, debe hacerse todo lo que sea posible para reducir dicha monotonía.

Si no fuese posible que un operario trabajase alternadamente de pie y sentado, sería conveniente proporcionarle una silla ligeramente reclinable hacia adelante, para evitar el cansancio excesivo de los músculos debido a que no existe un cambio de postura. En estos casos, se requiere también que la mesa de trabajo sea ajustable.

6ª Ley. Debe instalarse para cada obrero una silla del tipo y altura adecuados para permitir una postura correcta.

Antes de proceder a explicar esta sexta ley de la economía de movimientos relacionada con el lugar de trabajo, debemos definir primero que es lo que se debe entender con el término "postura correcta". Existen dos tipos de posturas ideales, una es para trabajar en pie y la segunda para trabajar sentado.

a) Postura correcta para trabajar en pie. Es aquella en la cual las diferentes partes del cuerpo (cabeza, cuello, tórax y abdomen), están equilibradas verticalmente una sobre otra, de forma tal que su peso queda soportado principalmente por el esqueleto, precisándose de un mínimo de esfuerzo

³⁰ "Seating of women and minors in the fruit and vegetable canning industry"; California Industrial Welfare Commission, bulletin. No.2 pg.3.

por parte de los músculos y tendones. En esta postura y en condiciones normales, las funciones orgánicas, tales como respiración, circulación, digestión, etc., se llevan a cabo sin ninguna obstrucción mecánica y con la mayor efectividad posible.

b) Postura correcta para trabajar sentado. Debe insistirse siempre en que el cuerpo, en cualquier forma que trabaje, debe mantenerse derecho desde las caderas hasta el cuello, sin flexionarse o vencerse por la cintura. Cualquier otra postura que se adopte perjudica la salud del trabajador, fatigando su espalda y disminuyendo su eficacia.

Las posturas incorrectas más frecuentes al trabajador sentado son las de hundirse en el asiento o inclinarse hacia un lado, siendo ambas incómodas y perjudiciales.

Cuando el trabajador se encuentre sentado, la silla debe de ayudarle, y no debe impedirle conservar una buena postura. Las características que debe reunir un buen asiento son las siguientes:

1.- La altura de la silla debe ser ajustable, con el objeto de poder adaptarla rápidamente a la estatura de la persona que la va a utilizar. Si los asientos no tienen esta característica, deberán existir sillas de diversos tamaños, de acuerdo con las alturas normales de los distintos grupos de personas que hayan de emplearlas, aunque generalmente resulten menos prácticas que las sillas ajustables. Debe permitirse al operario apoyar sus pies sobre el suelo o sobre un soporte diseñado para este fin.

2.- La silla deberá ser de construcción rígida, de ser posible con estructura de acero, pero con asiento y respaldo de algún material suave; esto último es importante, puesto que los asientos y respaldos de acero suelen ser bastante incómodos. Los bordes del asiento y del respaldo deberán ser redondos, con objeto de evitar las partes afiladas, que resulten incómodas y puedan impedir una buena circulación. No son de manera alguna recomendables las sillas giratorias o reclinables, a menos que sean imprescindibles para el trabajo a que se dediquen, ya que la fácil movilidad de estos asientos les da poca estabilidad, sobre todo en operaciones que requieran un esfuerzo muscular importante. La silla deberá estar provista de un dispositivo metálico colocado en sus patas, que permita un deslizamiento suave cuando el operario quiera retirarla hacia atrás, con el objeto de continuar trabajando en pie, sin alterar la buena marcha de su trabajo.

3.- El asiento de la silla debe tener una forma adecuada, puesto que ha de permitir una distribución simétrica de todo el peso del cuerpo. La configuración de un asiento debe aproximarse a la

de una silla de montar, y tener su frente redondeado. Si la persona que ha de utilizarlo tiene que trabajar inclinada hacia adelante, el asiento deberá ser sensiblemente horizontal. Se consideran medidas adecuadas las de 40 cm por 40 cm, comenzando la parte curva a unos 7.5 cm del extremo del frente. El asiento debe estar ligeramente acojinado y con facilidades para ventilación. Un buen diseño de asiento debe permitir varias posturas de trabajo efectivas. Su altura debe ser ajustable entre los 38 y 53 cm. Sería muy conveniente tener ajustes de altura de 1 cm. Si el operario trabaja en bancos de más de 75 cm de alto, el asiento debe permitir un ajuste de alturas desde 45 hasta 68 cm. Los fabricantes de asientos industriales suministran elementos de esta clase en que puede ajustarse la altura desde el nivel del piso hasta el tope superior. En los últimos años se han reunido datos que demuestran que es posible la reducción de costos mediante el uso de asientos y bancos de trabajo con altura conveniente.

4.-El respaldo de la silla debe servir de apoyo a la parte inferior de la columna vertebral; para ello se debe de evitar colocar travesaños o barras a una altura inferior a los 15 cm sobre la superficie del asiento. El tronco debe colocarse lo más atrás posible, de modo que el respaldo pueda sostener la parte inferior de la espalda. La parte más baja del respaldo deberá estar a unos 16 o 17 cm sobre el asiento, según la estatura del operario. El respaldo debe estar ligeramente curvado, con dimensiones aproximadas de 7.5 cm de altura y 25 cm de ancho; es decir, que debe de ser pequeño y, sin embargo, proporcionar una superficie de apoyo adecuada. Conviene tener algún acojinamiento en el respaldo para evitar la agudeza de bordes. Sería también conveniente que fuese reclinable. El respaldo no debe causar presión indebida a la pelvis o a las costillas, ni interferir con los movimientos de las partes de la espalda ni con los de los brazos durante el trabajo.

También es conveniente que el respaldo sea ajustable, para adaptarlo a la estatura del operario que ha de utilizarlo. Cuando el trabajador labore en posición inclinada hacia adelante, es claro que no necesita el respaldo de la silla, sin embargo, le será útil mientras descansa para relajar los músculos.

5.5 Principios de la economía de movimientos relacionados con el diseño de las herramientas y el equipo.

1º Ley. Debe relevarse a las manos de todo trabajo que pueda ser realizado más satisfactoriamente por un aparato de sujeción, o un dispositivo accionado por un pedal.

La mano rara vez es un eficiente dispositivo de sujeción porque si se ocupa de sostener una pieza de trabajo no podrá estar libre para realizar un trabajo útil. Las partes que han de ser sostenidas en posición mientras se les trabaja deberán estar sostenidas por un dispositivo, dejando libres las manos para realizar movimientos productivos o eficaces. Los dispositivos no sólo ahorran tiempo en el procesado de las pizas, sino que permiten obtener mejor calidad por la sujeción más exacta y firme de las partes.

Si se observan las diversas herramientas y dispositivos utilizados en la mayoría de las plantas industriales, podemos darnos cuenta de que las personas que diseñaron las máquinas no pusieron en práctica muchos de los principios fundamentales de la economía de movimientos. Es frecuente encontrarlos con maquinaria construida únicamente para ser operada a mano, cuando que si se hubiesen concebido para ser accionadas por pedal se hubiesen dejado las manos libres del operario para que éste realice otros movimientos.

Frecuentemente, las herramientas manuales pueden adaptarse para ser accionadas por pedal, si se les modifica ligeramente o se les añaden algunos elementos sencillos.

Algunas veces se pueden utilizar dos pedales para accionar diferentes partes de una plantilla, dispositivo de sujeción o máquina. Una instalación como esta no perturbará al operario. Es por todos sabido que un automóvil tiene varios pedales, y sin embargo el conductor lo maneja sin experimentar grandes problemas.

Pese a que los pedales son uno de los dispositivos más comúnmente empleados para dejar libres las manos, para que éstas sean empleadas en un trabajo productivo, no siempre son diseñados en la forma más satisfactoria posible. Existen dos tipos de pedales:

- a) Los que requieren un esfuerzo considerable para hacerlos funcionar.
- b) Los que requieren de un esfuerzo pequeño.

Los pedales del primer grupo deben ser lo suficientemente anchos para que cualquiera de ambos pies los pueda accionar, algunos de ellos deben in-

cluso de estar colocados a través de todo el frente de la máquina.'

Los pedales se deben de proyectar de forma que el pie pueda soportar parte del peso del cuerpo. Los pedales mal dispuestos tienden a poner todo el peso del cuerpo sobre un pie, obligando al operario a adoptar una posición anormal y provocando en el trabajador tensión y fatigas exageradas.

2º Ley. Deben de efectuarse, de ser posible, operaciones múltiples de las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola.

Generalmente es más rápido darle la vuelta a una herramienta de dos extremidades que dejar una herramienta y coger otra. Existen muchos ejemplos de combinaciones eficientes de dos herramientas: martillo y extractor de clavos, llaves de dos extremos, lápiz y goma. Incluso quién ideó los aparatos telefónicos, utilizó este concepto al incluir transmisor y receptor en una sola unidad.

Es indudable que la planeación para alcanzar una manufactura más eficiente comprende la ejecución de operaciones múltiples mediante la combinación de herramientas.

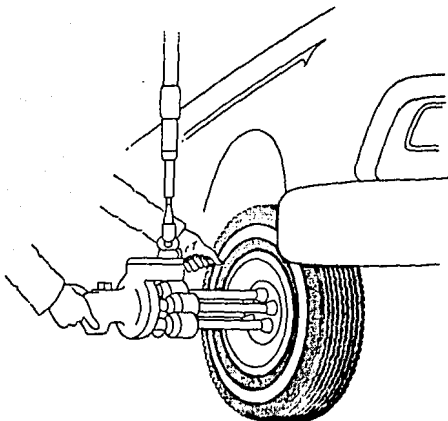


FIG.5-6 "APRIETA-TUERCAS MULTIPLE"

Otro ejemplo sobresaliente de herramienta combinada es un aprietatuercas múltiple, accionado

por aire comprimido, que puede apretar a la vez las cinco tuercas de la rueda del automóvil. Esta herramienta se muestra en la figura anexa 5-6³¹.

3º Ley. Se deben dejar previamente en posición las herramientas y los materiales.

Debe entenderse por dejar en posición un objeto, cuando se le sitúa en un lugar determinado previamente, en forma tal que, cuando se le necesita después, pueda ser cogido en la posición en que ha de ser utilizado. Para dejar en posición las herramientas se puede instalar un apoyo en forma de casquillo, compartimiento, garfio o colgador, dentro de o por medio del cual se puedan devolver las herramientas, después de utilizadas, al lugar donde permanecen en posición para la operación siguiente. La herramienta se devuelve siempre al mismo sitio. El soporte debe de estar diseñado de tal forma que permita dejar rápidamente la herramienta en su lugar desde la mano y cogerla de la misma manera en que se haya de sostener durante su utilización. El ejemplo más conocido de dejar en posición es el de la pluma estilográfica en su apoyo de escritorio, en el cual permanece en posición mientras no se utiliza y en el que puede cogerse o dejarse fácil y rápidamente.

4º Ley. Todas las palancas, manijas, volantes de mano y otros medios de control deben ser fácilmente alcanzables para el trabajador y ser diseñadas de forma que proporcionen una ventaja mecánica y que sean susceptibles de ser operadas por el conjunto muscular más fuerte del operario.

Muchas máquinas son mecánicamente perfectas, pero su operación resulta ineficaz porque quienes las diseñaron no tomaron en cuenta los factores humanos relativos a la operación del equipo. Volantes de mano, manivelas, palancas y manijas deben de ser de dimensiones apropiadas y estar localizadas de forma tal que el operario pueda manipularlas con la máxima eficacia y la mínima fatiga.

Los controles que se utilizan más frecuentemente deben de localizarse a una altura entre el codo y el hombro. Aquellos operarios que laboren sentados pueden ejercer fuerza máxima sobre palancas localizadas a la altura del codo; y los operarios de pie, sobre palancas que se encuentren situadas a la altura del hombro. El diámetro de los volantes de mano de manivelas depende del momento de torsión que se espera y de la posición de montaje. El diá-

31 Ford Motor Company-Motor Engineering bulletin. No.27. Sala de montaje, San Jose Calif. October 1972.

metro máximo de manijas o asideros dependen de las fuerzas que se ejerzan. A continuación se presenta una tabla³² que puede servir de referencia para el diseño de manijas o asideros:

Fuerza.	Diametro necesario.
5 a 7.5 kg.	mayor a 6 mm.
7.5 a 12.5 kg.	mayor a 13 mm.
más de 12.5 kg.	mayor a 20 mm.

Los diámetros no deben exceder a los 38 mm y la longitud del agarre debe ser por lo menos de 95 mm para adaptarse al ancho de la mano.

En lo que se refiere diámetros de volantes de mano y manivelas se tiene la siguiente tabla:

Fuerza.	Diametro necesario.
cargas ligeras.	75 a 125 mm.
cargas medianas a pesadas.	100 a 155 mm.
cargas muy pesadas.	200 a 500 mm.

Las perillas de los volantes deben de tener entre 13 y 50 mm para que sean eficientes. Cuanto mayor sea el momento de torsión aplicado, más grande tendrá que ser la perilla.

5º Ley. Cuando se realiza un movimiento específico con las manos, debe distribuirse la carga de acuerdo con las capacidades naturales de los dedos.

La persona normal diestra ejecuta el trabajo con menor fatiga y mayor destreza cuando lo hace con la mano derecha que cuando utiliza la izquierda. Pese a que a la mayoría de la gente se le puede enseñar a trabajar con igual habilidad con una mano o la otra, en la mayor parte de las operaciones de la fábrica, los dedos tienen diferente capacidad para el trabajo. Por lo general, la capacidad de los dedos índice y medio de ambas manos es superior a la de los dedos anular y meñique.

32 Mundel, Marvin E.; "Motion and time study (improving productivity) 6th. edition. Prentice-Hall., Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

En años recientes, en la Universidad de Washington³³ se hicieron estudios exhaustivos acerca de la capacidad de los dedos de las manos para mecanografiar en teclados convencionales. Se llegó a la conclusión que existían dedos que trabajaban más, pese a que no eran los más fuertes y se diseñó y teclado simplificado. La figura anexa 5-7³⁴ nos muestra la comparación del teclado de la máquina de escribir convencional con el teclado nuevo simplificado. Los números indican las cargas relativas por fila, mano y dedo. En el nuevo teclado, a la derecha, las letras se disponen de forma que la mano derecha realiza más trabajo que la izquierda. El 60% de las palabras se escriben con letras procedentes de la "fila de origen" o zona central en que los dedos se sitúan naturalmente.

Este estudio llegó a la conclusión de que es posible aumentar la eficiencia, la rapidez y la precisión ortográfica si se distribuyen las cargas de acuerdo con las capacidades naturales de cada dedo.

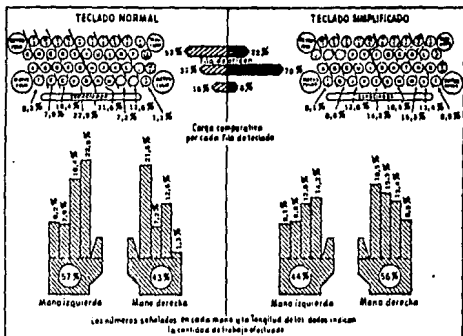


FIG. 5-7 "COMPARATIVO DE TECLADOS"

33 Strong, Earl F.; "A comparative experiment in simplified keyboard retraining and standard keyboard supplementary training". University of Washington Journal of bussiness education, Vol.11 No.2 pg.21-25. Oct.1975.

34 Strong, Earl F.; "A comparative experiment in simplified keyboard retraining and standard keyboard supplementary training". University of Washington Journal of bussiness education, Vol.11 No.2 pg.27. Oct.1975.

6º Ley. Debe de investigarse siempre la posibilidad de emplear herramientas mecanizadas o semiautomáticas.

Es evidente que las herramientas manuales mecanizadas pueden ejecutar trabajo más rápidamente y en forma más uniforme que si fuesen realizados a mano simple, además de que reducen en forma importante la fatiga del operario. El analista de métodos deberá siempre estar alerta acerca de las posibles mejoras que innovaciones tecnológicas puedan proporcionar a los métodos tradicionalmente empleados.

5.6 Factores humanos en la simplificación del trabajo.

Debido a que en la mayor parte de los procesos productivos encontramos el factor humano involucrado de alguna manera en el sistema, es indispensable para el ingeniero industrial tener una concepción clara del peso del factor humano, con el objeto que se logre alcanzar una verdadera simplificación del trabajo.

Se debe de partir de la premisa relativa a que la actuación de los seres humanos es variable. No sólo existen diferencias considerables entre el comportamiento de diferentes individuos, sino aún el de una misma personas experimentará cambios dependiendo del momento, del día o aún del año que esté realizando su trabajo, por simple que éste sea.

Para poder diseñar estaciones y métodos de trabajo que en verdad sean eficientes y minimizen el esfuerzo del operario, esto es, que verdaderamente simplifiquen el trabajo, es de vital importancia que se tomen en cuenta las diemensiones naturales de cuerpo humano.

Las figuras anexas 5-8, 5-9, 5-10, 5-11³⁵ son el resultado de muchos años de investigación por parte del investigador Henry Dreyfuss y de sus asociados. Esta información es extremadamente valiosa para proyectar las máquinas, puestos de trabajo y ambientes que se permitan una verdadera eficiencia y productividad.

Debido a que estas investigaciones fueron efectuadas en los Estados Unidos principalmente, existe una cierta discrepancia con los datos antropométricos del hombre adulto típico de México, ya que en forma general, el mexicano tiene una compleción menos robusta que la del norteamericano, por lo que se considera necesario que cada valor de las

35- Dreyfuss, Henry. "The measure of man"- Whitney Library of Design, New York, 1960. 3rd edition. 162 pg.

DATOS ANTROPOMETRICOS RELATIVOS AL HOMBRE ADULTO, EN PIE
APLICABLES AL 95% DE LA POBLACION MASCULINA DE ESTADOS UNIDOS

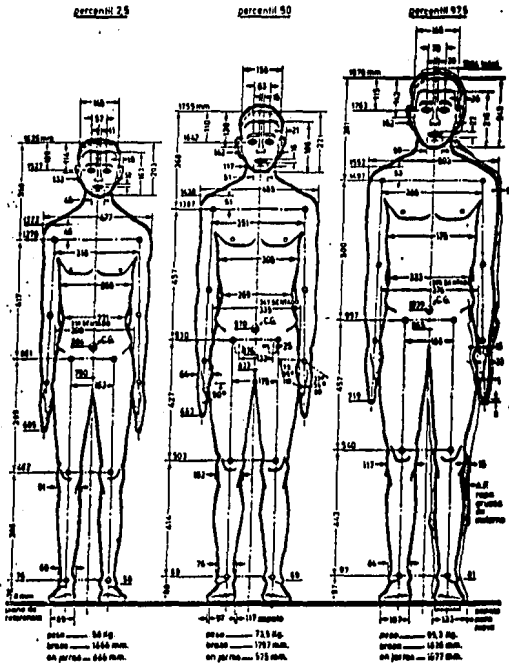


FIGURA 5-9.

**DATOS ANTROPOMÉTRICOS RELATIVOS AL HOMBRE ADULTO, EN PIE
APLICABLES AL 93-7% DE LA POBLACION MASCULINA DE ESTADOS UNIDOS**

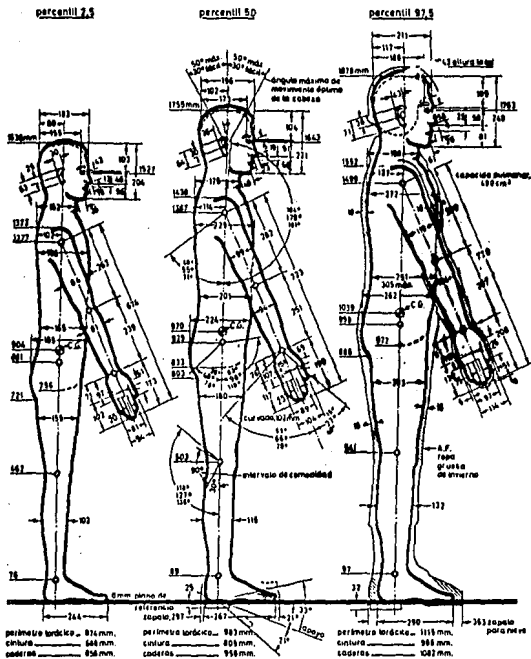


FIGURA 5-9.

**DATOS ANTROPOMETRICOS RELATIVOS A LA MUJER ADULTA, EN PIE
APLICABLES AL 91% DE LA POBLACION FEMENINA DE ESTADOS UNIDOS**

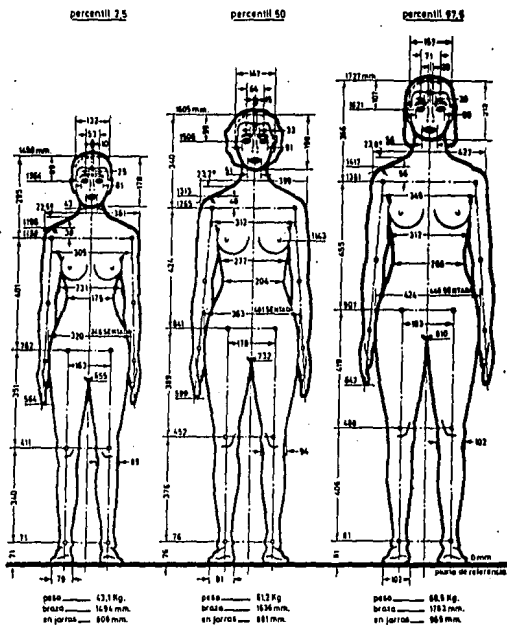


FIGURA 5-10.

**DATOS ANTROPOMETRICOS RELATIVOS A LA MUJER ADULTA, EN PIE
 APLICABLES AL 33% DE LA POBLACION FEMENINA DE ESTADOS UNIDOS**

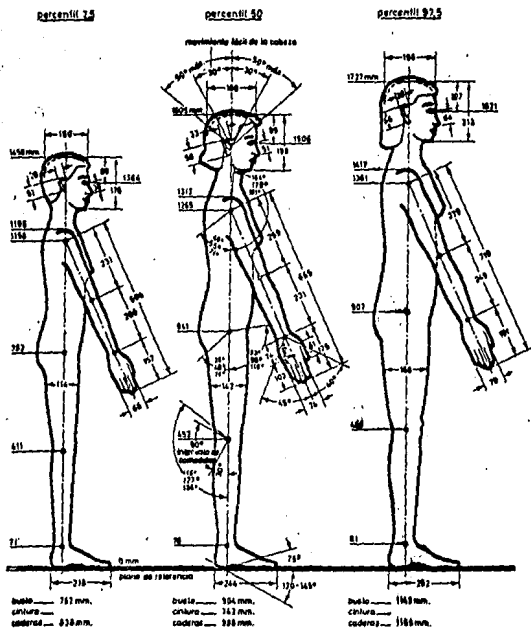


FIGURA 5-11.

figuras antropométricas sea multiplicado por un factor de 0.85, con el objeto de adecuar las medidas a la complejidad general del mexicano medio.

La simplificación del trabajo tiene como objetivo primordial el encontrar la combinación más eficaz de hombres, máquinas y condiciones de trabajo. Para alcanzar esta combinación óptima, es importante determinar qué funciones pueden ser efectuadas mejor por la máquina y cual por el hombre. El ser humano posee ciertas facultades inherentes que superan las de las máquinas, mientras que éstas sobrepasan al hombre en otras funciones.

Los aspectos económicos también cuentan al determinar una combinación hombre máquina. Por ejemplo, conforme aumenta el volumen de producción, resulta más conveniente, en general, aumentar el grado de automatización de la planta.

Sin embargo, la mayor parte de las actividades precisan de algún tipo de mano de obra humana y el ingeniero industrial debe comenzar su estudio definiendo el problema y proyectando la combinación hombre-máquina que resulte más adecuada para los objetivos a cumplir. El conocimiento cabal de las facultades y limitaciones del ser humano es de vital importancia al proyectar el proceso, los medios de producción, el método de trabajo y las condiciones que deben rodearlo, para adaptarlos al personal que ha de efectuarlo.

Aunque durante muchos años ingenieros, fisiólogos y psicólogos habían realizado experimentos relacionados con el estudio del trabajo, no fue sino hasta la segunda guerra mundial, cuando surgió un cuerpo de estudiosos dedicados específicamente a estudiar todos aquellos problemas que tuviesen relación con la combinación de hombre y máquinas, así como al análisis de una situación de trabajo destinada a optimizar el costo fisiológico de realizar una operación. Esta clase de estudios recibió el nombre de ergonometría o ingeniería humana. La ingeniería humana tiene como misión "la adaptación de las tareas humanas y de las condiciones de trabajo a las facultades humanas de percepción, físicas, mentales, sensoriales y otras. Esta adaptación del hombre se aplica a funciones tales como el diseño de equipos, instrumentos, combinaciones hombre-máquina y productos de consumo, y al establecimiento de condiciones y métodos de trabajo óptimos."³⁶

Los expertos en la simplificación del trabajo han logrado conjuntar una serie de informa-

36 "Handbook of human engineering data". 2nd.edition. Institute for applied experimental psychology". Tufts College, Medford, Mass, 1951.

ción acerca de los procesos que tienen lugar en el ser humano al momento de ejecutar un trabajo, a continuación se describen algunas de los conceptos básicos que han logrado amalgamar³⁷:

En la ejecución de cualquier tarea, una persona normal hace tres cosas:

1.- Recibe información a través de sus órganos sensoriales, ojos, oídos, tacto, etc.

2.- Toma decisiones, actúa basándose en la información obtenida y en sus propios conocimientos.

3.- Realiza una acción como consecuencia de la decisión tomada. La acción puede ser puramente física, como poner en marcha una máquina, o implicar una comunicación, como podrá ser el dar instrucciones verbales o escritas.

Al proyectar cualquier operación o proceso frecuentemente surge la interrogante concerniente a qué actividades deben de ser asignadas a un hombre y cuáles a la máquina, pudiendo ser útil para contestar esta pregunta el siguiente cuadro:

El hombre supera a las máquinas en su facultad de:

- 1) Razonar inductivamente.
- 2) Emplear la facultad de juicio.
- 3) Desarrollar conceptos y crear métodos.
- 4) Improvisar y utilizar procedimientos

flexibles.

5) Detectar pequeñas magnitudes de luz o de sonido

6) Almacenar una gran cantidad de información durante largos períodos y recordar hechos significativos en el momento oportuno.

7) Adaptarse a un posible cambio en las condiciones que rodean la estación de trabajo.

Las máquinas superan al hombre en su capacidad para:

1) Responder rápidamente a señales de control.

2) Hacer cálculos matemáticos a altas velocidades.

3) Hacer simultáneamente muchas funciones distintas.

4) Aplicar grandes fuerzas con suavidad y precisión.

5) Realizar repetidamente una tarea.

6) Almacenar información rápidamente, pudiendo luego borrarla posteriormente.

37 "Handbook of human engineering data". 2nd.edition. Institute for applied experimental psychology"., Tufts College, Medford, Mass, 1951.

Para trabajos de cierta importancia puede resultar bastante útil tabular los procedimientos a ejecutar de cada parte de la tarea, comenzando por el método totalmente manual y anotando el costo que este implica, para proceder a continuación a analizar un método un poco más mecanizado, y así sucesivamente, hasta que encontremos el costo de un método completamente mecanizado. Este procedimiento es bastante útil para casos en los que se requiere hallar el método preferible, es decir, el de costo mínimo.

5.7 Conclusión.

Los principios de la economía de movimientos son un herramienta sumamente poderosa de la que forzosamente debe de valerse el analista de métodos para obtener los métodos más eficientes, de hecho, si se logra tener entendimiento total de cada una de las leyes el analista podrá resolver satisfactoriamente todos los problemas que se le presenten en el ámbito de eficiencia industrial.

En la actualidad se considera de interés prioritario que la mayor parte de las personas involucradas en los procesos productivos tengan algún tipo de conocimientos sobre esta área, ya que frecuentemente son los operarios quienes están en posibilidad de dar las sugerencias más acertadas acerca del método con el que realizan sus propias labores.

Definitivamente se puede afirmar que la piedra angular del estudio de movimientos, son los principios de economía de movimiento objeto del presente capítulo.

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

CAPITULO 5:

"SIMPLIFICACION DEL TRABAJO"

1 Gilbreth F.B. & L.M.; "A fourth dimension for measuring skill for obtaining the one best way". Society of Industrial Engineering Bulletin. Vol.5 No.11. November, 1923.

2 Gilbreth F.B. "Fatigue study". 2nd Edition. Macmillan Co. New York, 1919, 175 pg.

3 Niebel B.W. "Motion and time study", 6th.edition. Richard D.Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.

4 Meister, David. "Human factors: theory and practice". John Wiley & Sons, New York, 1971. 415 pg.

5 Shaw A.G. "An introduction to the theory and application of motion study". H.M.Stationery office Co. London 1945.

6 Hoke R.E. "The improvement of speed and accuracy in typewriting", The John Hopkins University studies in education No.7. (Baltimore: John Hopkins Press, 1922)

7 Maynard H.B. (editor in chief). "Industrial Engineering Handbook" Sec.2 Ch. 5 "Motion study" by Anne G.Shaw. McGraw-Hill Book Co. Third edition.

8 Mundel, Marvin E.; "Motion and time study (improving productivity) 6th.edition. Prentice-Hall Inc. Englewood cliffs N.J., 1970.

9 Gilbreth, F.B. "Motion Study". D.Van Nostrand Co. Princeton N.J., 1911 pg.63

10 Myers C.S. "Industrial Psychology in Great Britain" pg.88 Jonathan Cape. London 1926.

11 Lowry S.M., Maynard H.B. & Stegemerten G.J. "Time and motion study". 3rd. edition. McGraw-Hill Book Co. New York, 1976. 491 pg.

12 Hartson L.D. "Analysis of skilled movements". Personal Journal, Vol II., No 1.

13 Spencer P.R. "A work on hand free writing"; Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1969. 115 pg

- 14 Bryan W.L. "On the development of voluntary motor ability". American Journal of Psychology. Vol 5, num 2., pg.171.
- 15 Farmer E. "Time and motion study". Engineering and Industrial Management magazine. Vol VII, num 5.
- 16 Farley, Richard R. "Some principles of methods and motion study as used in development work". General Motors Engineering Publications, vol 2. No.6. Nov-Dic.1955.
- 17 Barnes, Ralph M. "Motion and time study and measurement of work" 7th.edition. John Wiley & Sons. Pg.205
- 18 Faulkner, Terrence W. & Murphy, Thomas J. "Lighting for difficult visual tasks". Human Factors. Vol.15 No.2. April 1973.
- 19 National Safety Council. Bulletin No.50 NSC. Press, Cleveland Ohio.
- 20 "Handbook of human engineering data" 2nd. edition. Institute for applied experimental psychology, Tufts college, Medford, Mass.
- 21 American Society of heating, refrigerating and air conditioning engineers journal. Vol.25 No.XIII. pg.15-21
- 22 McCormick, Ernest J. "A study on effects of noise in working processes" International journal of production research- Vol III No.15 July-August 1970.
- 23 Alford L.P., Bangs, John R & Hagemann, George E. "Production Handbook", Ronald Press Co. New York, 1953. 1871 pg.
- 24 National Safety Council. Bulletin No.32. NSC. Press, Cleveland Ohio.
- 25 "First principles of industrial posture and seating", New York Department of labor, special bulletin. 141 pg. January, 1926.
- 26 "Seating of women and minors in the fruit and vegetable canning industry"; California Industrial Welfare commission, bulletin. No.2
- 27 Ford Motor Company-Motor Engineering bulletin. No.27. Sala de montaje, San Jose Calif. October 1972.

28 Strong, Earl P.; "A comparative experiment in simplified keyboard retraining and standard keyboard supplementary training". University of Washington Journal of bussiness education, Vol.11 No.2 Oct.1975.

29 Dreyfuss, Henry. "The measure of man"- Whitney Library of Design, New York, 1960. 3rd edition. 162 pg.

C A P I T U L O 6

"SISTEMAS DE REMUNERACION"

6.1	Introducción	161
6.2	Incentivos y clasificación de in- centivos	162
6.3	Planes económicos directos	164
6.4	Forma de implementar un plan de incentivos en los salarios	190
6.5	Aspectos legales de los sistemas de remuneración	193
6.6	Conclusión	196
	Bibliografía	197

"SISTEMAS DE REMUNERACION"6.1 Introducción.

Un sistema de remuneración puede definirse como el conjunto de parámetros que los administradores de un sistema productivo toman en cuenta para determinar el monto de las retribuciones que otorgarán los trabajadores como pago por sus trabajos¹.

El principal objetivo de un sistema de remuneración es lograr que los trabajadores obtengan una compensación justa por los servicios prestados a la compañía. Este principio, aunque fácil de definir, es muy difícil de implementar en la práctica. Una compensación justa es un factor de indiscutible importancia para todas las personas, desde el nuevo empleado, quien toma sus decisiones basado en su conocimiento externo de la compañía, hasta el trabajador de con muchos años de servicio, quien tiene un conocimiento íntimo de las políticas y procedimientos de la compañía, para todos ellos, el sistema de remuneración debe ofrecerles la oportunidad de mejorar su nivel de vida y el de sus familias.

El diseño y funcionamiento de los sistemas de remuneración está altamente influenciado por fuerzas externas como el gobierno, asociaciones de empleados y sindicatos.

En la actualidad se considera a los sistemas de remuneración como un tópico prioritario para los intereses nacionales, debido a su impacto económico (por su capacidad de estimular la productividad) y social, puesto que es de vital importancia para el país tener una clase obrera bien remunerada.

La experiencia ha demostrado que los trabajadores no aportarán un esfuerzo extra o sostenido a menos que se les ofrezcan incentivos del tipo directo o indirecto².

Uno de los conceptos primordiales para entender cualquier sistema de remuneración es el concepto de salario. El jornal o salario es el conjunto de las ganancias, pagas o devengos de un tra-

1 Riggs, James L.; "Production systems planning, analysis and control", 1970. John Wiley & Sons. New York.

2 Schwinger P.; "Wage Incentive systems". John Wiley & Sons, New York, 1975. 200 pg.

bajador durante un período de tiempo dado, como un día o una semana. Estas ganancias pueden expresarse en dinero, en cuyo caso se denominan salario nominal, o en mercancías y servicios que pueden compararse con dinero, en cuyo caso se denominan salario real³.

Actualmente se considera válida la tesis que sostiene que la productividad de los trabajadores depende primordialmente de una buena conducción gerencial en materia de salarios e incentivos, así como de la voluntad de los obreros para asimilar los planes.

6.2 Incentivos y clasificación de incentivos.

En términos generales, el objetivo de cualquier sistema de salarios a base de incentivos es llegar a un acuerdo sobre las ganancias por el rendimiento de modo que coincidan los intereses de la compañía y de los empleados.

El término incentivo incluye todas las influencias, tanto positivas como negativas, que estimulan al esfuerzo humano y pueden clasificarse en tres grandes grupos⁴:

- 1) Planes económicos directos.
- 2) Planes económicos indirectos.
- 3) Planes no económicos.

Los planes económicos directos son aquellos en los cuales la remuneración al trabajador va de acuerdo a su rendimiento. En esta categoría deben de incluirse los planes de incentivos individuales y los de grupos. En el tipo de plan individual, la retribución a cada trabajador está basada en su actuación productiva durante el período de que se trate. Un incentivo de grupo es cualquiera que se aplique colectivamente a dos o más empleados que realicen trabajos con características de grupo, con la consecuente relación mutua entre las operaciones, y la consiguiente proximidad material y unidad de intereses. Los trabajos de estas características exigen cooperación entre los trabajadores y éstos a su vez necesitan una de una dirección que los guíe. Es pues, conveniente descomponer la larga serie de operaciones sucesivas de estos trabajos en pequeñas divisiones naturales que puedan ser con-

3 De Buen L.Néstor. "Derecho del Trabajo" Vol. II, Sexta edición actualizada. (pag.177); Editorial Porrúa, México, 1986.

4 Niebel, B.W. "Motion and time study". 6th. edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.

troladas por los jefes o conductores de los mismos. La experiencia limita esta clase de dirección o conducción a unos 12 individuos, aunque son muchas las variables que pueden inducir a formar grupos mayores.

El incentivo para trabajos de esfuerzo individual extraordinario o prolongado es menor en los planes de grupo que en los individuales. Por lo tanto ha existido una tendencia en la industria a favorecer los métodos de incentivos individuales.

En general, son de esperar mayores tasas de producción y menor costo unitario del producto al emplear planes de incentivos individuales. Si su implantación es práctica, el sistema de incentivos individuales será preferible al sistema de grupos. Por otra parte, el método de grupos tiene más aplicación donde es difícil de medir la productividad personal, y donde el trabajo de cada trabajador es variable y suele ser ejecutado frecuentemente en cooperación con otros en forma de cuadrilla.

Los planes económicos indirectos son aquellos que no han sido planeados para que exista una relación directa entre el volumen de producción y el monto de la remuneración. Este tipo de planes incluye básicamente políticas globales de la empresa, como podrían ser premios por la puntualidad diaria, primas extras por antigüedad en la empresa, presentes navideños adicionales al aguinaldo, etc.

Los planes no económicos son aquellas recompensas o retribuciones que no tienen relación con los salarios y que, sin embargo, levantan la moral de los trabajadores, de una forma tal, que se hace evidente el aumento en esfuerzo y empeño. Dentro de estos planes podemos mencionar los reconocimientos públicos por méritos a trabajadores, o bien, eventos sociales y deportivos.

En este punto cabe señalar que existe otra corriente teórica⁵ que clasifica los incentivos en base a la participación que tienen los trabajadores y el patrón en el beneficio que resulta del incremento de la productividad. Así, los sistemas de incentivos cuya premisa primordial es el tiempo se les llama clase I, y son aquellos en los cuales el patrón se beneficia o carga con todas las ganancias o pérdidas en el costo de la mano de obra relacionada con la ejecución de los estándares, esto es, que el patrón asume todas las ganancias o pérdidas en lo que respecta al costo de la mano de obra. Dentro de este grupo podemos mencionar el sistema

⁵ Lytle C.W. "A new approach on wage incentives", Marketing Executives Magazine. Vol.10 Num.51-American Management Asociation; Oct-Nov-Dec.1977

de tiempo por horas trabajadas, en donde el trabajador percibe su salario por las horas que trabajó, sins importar que tan productiva fue su labor.

La clase II, la constituyen los llamados sistemas de tarifa por pieza, en los cuales el trabajador absorbe todas las ganancias o pérdidas en lo que respecta a la productividad resultante de la mano de obra. Ejemplo típico de esta clase II, lo son los trabajos a destajo, en los cuales el ingreso del trabajador es directamente proporcional a las piezas que elabore. El trabajador es en quién repercute el beneficio de una mayor producción.

Sin embargo, es necesario establecer una clase III para aquellos sistemas de incentivos en los cuales la ganancia, si existe, es repartida entre el patrón y los empleados.

Esta clasificación de incentivos es mucho más complicada, y por lo mismo, es de menor uso entre los ingenieros industriales, ya que en ocasiones conduce a sistemas de incentivos altamente complicados y difíciles de entender por parte de los trabajadores.

6.3 Planes económicos directos.

Indiscutiblemente, que los planes que han demostrado tener una mayor impacto sobre la productividad son los planes económicos directos.

Los planes económicos directos más representativos son:

- 1) Trabajo por pieza o a destajo.
- 2) Plan de Taylor o tarifa múltiple a la pieza.
- 3) Plan de Merrick o destajo múltiple.
- 4) Plan de Gantt.
- 5) Plan de horas estándares.
- 6) Sistema diferencial de tiempo con salto o con escalones de bonificación.
- 7) Trabajo por día medido.
- 8) Plan de Halsey con participación constante (50-50) con garantía de tiempo.
- 9) Sistema original Bedaux de puntos.
- 10) Plan de Rowan.
- 11) Plan empírico de Emerson.
- 12) Planes de participación en las economías de costos.
- 13) Participación de utilidades.

6.3.1. Plan de trabajo por pieza o a destajo. Este sistema consiste en retribuir al trabajador en proporción directa a la cantidad de piezas elaboradas en la jornada de trabajo. A mayor número de piezas, mayor retribución.

Este sistema se recomienda para trabajos no estandarizados, ya sean permanentes o temporales, es sencillo y parece ser el único sistema posible cuando no se puede realizar una medición adecuada de los métodos de trabajo. Este sistema es primitivo y conduce a ineficiencias, puesto que el trabajador podría estar trabajando poco y ganando salario normal, si se sobrevalora la dificultad que tiene el tipo de trabajo que implica elaborar cada pieza.

El trabajo a destajo forzosamente debe de implicar estándares por pieza en términos monetarios. Este sistema no garantiza una percepción diaria constante. En algunos países, entre los que se incluye México, existen regulaciones federales* que garantizan al trabajador una percepción mínima, esto es, un salario mínimo y ningún trabajador debe percibir una cantidad menor a ésta, por lo que el sistema a destajo sólo es utilizable para situaciones en las cuales el número de piezas producidas por el operario arroja un salario diario mayor al mínimo.

La ventaja de este sistema es la facilidad con la que los trabajadores entienden el destajo, además de que es sencillo de aplicar.

Las objeciones que con mayor frecuencia mencionan los sindicatos acerca de este sistema se refieren a que los destajos hacen imposible de recompensar cualidades como la adaptabilidad, la lealtad y la duración en el servicio, debido a que las tarifas se expresan en relación con las piezas producidas y no interviene ningún otro factor en la determinación del monto de las percepciones⁷.

Las condiciones más fundamentales para este tipo de incentivos son aquellas concernientes a el grado de independencia de las operaciones y a la continuidad de la operación, esto es, cuando la operación principal es totalmente terminada por un mismo operario y repetida por él durante muchos días seguidos.

Los destajos no son adecuados para principiantes puesto que éstos no tienen práctica en los métodos; ni es tampoco apropiado para tareas lentas o inexactas.

La figura 6-1 nos muestra gráficamente la relación entre la remuneración del operario y los costos unitarios de mano de obra directa según un plan de destajo.

6 Ley Federal del trabajo. Capítulo VI. Artículo 90.

7 Gomberg W. "A trade union analysis of time study"- 2nd edition. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J., 1955, 318 pg.

En el eje de las abscisas tenemos tabulada la producción diaria del trabajador en porcentaje del estándar, en el eje de las ordenadas tenemos las variables de salario diario ganado en porcentaje del sueldo base para el puesto que ocupa el operario y el costo por unidad, a la derecha e izquierda respectivamente.

Dentro de la gráfica existen tres curvas, una representa el salario real devengado, otra el costo total por pieza y recta paralela al eje de las abscisas, que representa el costo de la mano de obra directa del producto.

Para el caso particular de la figura 6-1, podemos darnos cuenta que si el trabajador produce un 75% del estándar, percibirá el 100% de su salario base (esto está representado por la línea discontinua que parte de $x=75\%$ del estándar hasta encontrarse con la línea de salario ganado en la ordenada $y=100\%$ de la base), pero si a causa de una buena eficiencia logrará superar el estándar en un 20%, tendrá ingresos de 60% superior a su salario base (Círculo localizado en $x=120\%$ del estándar y $y=160\%$ del salario base).

Es importante notar en la gráfica que la pendiente positiva de la recta de salario ganado indica que a mayor número de unidades producidas, existirá un incremento directamente proporcional en el monto de las percepciones del trabajador.

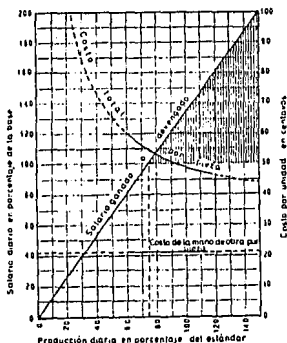


FIG. 6-1 "PLAN DE TRABAJO A DESTAJO"

Debido a que en México la ley⁹ exige la garantía de un salario mínimo para el trabajador, el plan de destajo debe comenzar a aplicarse a partir del punto en el cual el trabajador alcanza su percepción mínima.

6.3.2. Plan de Taylor o de tarifa múltiple a la pieza. Este plan fue ideado por Taylor mientras laboraba en la compañía acerera de Midvale en los Estados Unidos⁹. Según este plan se deben de establecer dos tipos de destajos expresados en valores monetarios. Un tipo de destajo inferior para niveles bajos de producción y una tasa alta para trabajadores altamente productivos. La tasa inferior de destajo remunera en relación directa a la producción individual del operario hasta el punto en el cual su tasa de producción sea lo suficientemente elevada como para alcanzar el estándar, lo que implica remuneración a tasa alta. El principal objetivo de este plan es estimular a los trabajadores no sólo a alcanzar el estándar para tener derecho a la tasa superior, sino que, aún alcanzando ésta se le impulsa a seguir incrementando su productividad, puesto que se le sigue pagando en relación directa en situaciones de rendimiento más allá del estándar.

Por ejemplo, de acuerdo con este sistema, la tasa de destajo para la operación de emboquillado de tubos de concreto podrá ser de 150 pesos por pieza, hasta un estándar de 19 piezas por día, en el momento en que el operario elabore 20 o más piezas en un día tendrá derecho a alcanzar la tasa alta que sería de 175 pesos por pieza. Entonces, si el operario emboquilló 19 piezas ganaría $19 \times 150 = \$ 2,850$, pero en cambio si logra completar las 20 piezas, tendrá derecho a \$3,500 como salario diario. Es lógico que el operario intentará a toda costa de alcanzar la tasa alta de producción.

Se recomienda que en situaciones en las cuales las tasas altas de producción sean difíciles de alcanzar, el "salto" de bonificación sea superior al 20%.

Taylor pensaba que para obtener el mejor rendimiento de los operarios, los sistemas de salarios deberían de basarse en la producción obtenida de cada uno de ellos. Estaba convencido que un buen sistema de incentivos, debería permitir a los operarios con mayores cualidades aumentar sus salarios

B Ley Federal del Trabajo. Capítulo VI. Artículo 90.

⁹ Taylor F.W.; "The principles of scientific management", Harper & Brothers, New York, 1911. 144 pg.

normales entre un 30% y un 100%. Incentivos inadecuados acarrearían decrementos de esfuerzos y de cooperación entre los trabajadores.

La figura adjunta 6-2¹⁰, nos presenta una gráfica típica del plan de Taylor y nos ilustra la relación entre el costo por unidad y la remuneración según este plan.

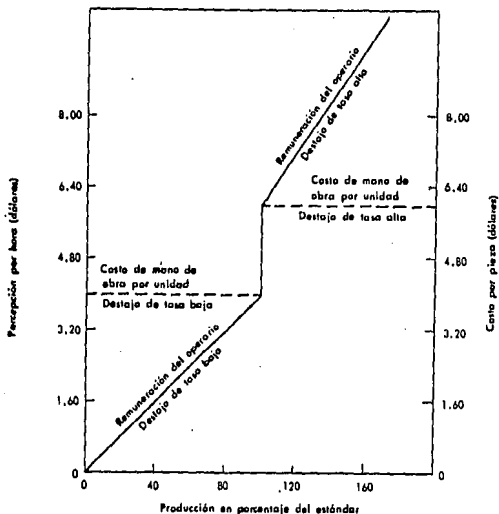


FIG 6-2 "PLAN DE TAYLOR".

Este sistema de incentivos es ideal para máquinas en las cuales es importante alcanzar cierto nivel de producción a un ritmo continuo, ya que soportan una proporción elevada de gastos generales, y en consecuencia, es necesario obtener el máximo rendimiento de ellas. También se recomienda este sistema para aquellas máquinas que representan un "cuello de botella" en el proceso productivo de una planta.

No es recomendable el plan de Taylor para aquellas máquinas que son demasiado delicadas para aguantar bien cualquier sobrecarga de trabajo,

10 Niebel, B.W. "Motion and time study". 6th. edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.

puesto que este tipo de incentivos comunmente incita a los operarios a trabajar a velocidades superiores a las óptimas.

El principal espíritu del plan de Taylor es la creencia de que para cada una de las tareas en la planta, podría hallarse el trabajador ideal, y que este sistema premiaría a dichos individuos como recompensa por su superioridad en esa tarea en particular¹¹. Estaba convencido, que nadie debería de desempeñar tareas para las cuales no fuera apto y de que todos los trabajadores tienen un puesto en el que pueden utilizar al máximo sus talentos individuales, por lo que es tarea de la gerencia ubicar a cada trabajador en el puesto que debe estar.

6.3.3. Plan de Merrick o a destajo múltiple. En los escritos de Taylor se menciona con cierta frecuencia la posibilidad de emplear más de un salto de bonificación en los destajos. Pero parece que Taylor concibió estos saltos múltiples sólo para los operarios de rendimientos superiores. Esperaba conseguir, por medio de la selección y la instrucción, obreros que trabajaran por encima del estándar todo el tiempo, y creía necesario utilizar castigos o incentivos negativos para aquellos trabajadores que ni siquiera alcanzaran el estándar, pensaba que este tipo de castigos alentaría a los obreros a una constante superación¹². Merrick consideró que dicho plan era demasiado severo y propuso, en consecuencia, suprimir la tarifa de castigo y proporcionar en su lugar tres tarifas de destajo, una básica, otra alta y una tercera entre la básica y la alta¹³. Merrick pensaba que este plan no sólo eliminaría el desaliento de los trabajadores ante estándares demasiado difíciles de alcanzar, sino que por el contrario, los animaría, puesto aunque no produjeran en una forma sobresaliente, podrían llegar a alcanzar el incentivo de la tasa media.

La eliminación de la tarifa de castigo y la división del salto de bonificación sacrifica una parte de la fuerza que el sistema Taylor implica, pues el salto que los trabajadores logran en el momento de alcanzar el estándar de tarifa alta es menor. Pese a esto, el sistema Merrick es más reco-

11 Taylor F.W.; "The principles of scientific management", Harper & Brothers, New York, 1911. 144 pg. (pg.68-72).

12 Taylor F.W.; "The principles of scientific management", Harper & Brothers, New York, 1911. 144 pg. (pg.85-98).

13 Merrick, Dwight V. "Times studies as a basis for rate setting". Engineering management Co., New York, 1920. 360 pg.

mendable por su fuerza en los intervalos intermedios de rendimiento. Permite obtener un buen aumento de la paga para un rendimiento moderado, tal como 83% del estándar, y luego presenta una repetición de la misma experiencia en un rendimiento alto, tal como 100%.

Por ejemplo, en el cosido de costales de harina de trigo de 44 kg. se establece un sistema de incentivos Merrick, bajo las siguientes bases:

Salario 1 = Tarifa básica de destajo hasta el 83% de la tarea o estándar.

Salario 2 = 110% de la tarifa básica de destajo para rendimientos que estén comprendidos entre el 83% y el 100% del estándar.

Salario 3 = 120% de la tarifa básica de destajo para rendimientos superiores del estándar.

Entonces, si a los obreros se les paga \$20 pesos por costal como tarifa básica de destajo y el estándar es de 300 sacos por día, un operario principiante que sólo pueda alcanzar un 75% del estándar, es decir 225 sacos, tendrá derecho a:
 $(225)(20) = \$4,500.$

Sin embargo, un trabajador de experiencia y habilidad media que haya alcanzado un 90% del estándar (270 sacos) alcanzará la tasa intermedia, es decir, tendrá unas percepciones de:

$(270)(20)(1.1) = \$5,940.$

Un operario altamente experimentado y hábil para la labor, que logre rebasar el estándar en un 10% tendrá derecho a:

$(330)(20)(1.2) = \$7,920.$

Si comparamos al operario principiante con el experto podremos darnos cuenta que el segundo produjo un 35% más y percibió 57% más de salario.

Desde el punto de vista psicológico, este plan es excelente, puesto que una bonificación al rendimiento de 83% de la tarea, le parecerá posible de alcanzar a un operario parcialmente instruido o imperfectamente calificado y, a menos que la tasa sea ridículamente baja, se esforzará por alcanzarla, y una vez que haya conseguido este éxito, no quedará satisfecho si no la mantiene. Además, ganará confianza en sí mismo para otros esfuerzos mayores y tras un breve periodo de conformidad, los empezará a realizar para alcanzar la segunda recompensa. La principal desventaja del plan de Taylor es precisamente ésa, que muchos trabajadores considerarán tan lejana la tasa superior que ni siquiera intentarán alcanzarla.

Originalmente Merrick concibió sus dos escalones de igual magnitud: 10% cada uno, pero la experiencia demuestra que es preferible dividir 20% en dos saltos desiguales, tales como 8% y 12%, co-

respondiendo siempre el primer salto a la tasa menor.

El primer salto debe situarse en un punto inferior al estándar y el segundo salto se recomienda que sea justo en el estándar.

La figura anexa 6-3 nos presenta la gráfica típica de un sistema de incentivos Merrick, en ella es importante notar la discontinuidad de la línea horizontal de costo de mano de obra por pieza, esto se debe a que al momento de que el operario alcanza el 83% y 100% del estándar se incrementa el costo de mano de obra, puesto que el operario percibe mayor salario.

El hecho de que las pendientes de las rectas de salario devengado sean diferentes a partir del primer salto, es indicativo de que los porcentajes de las tasas intermedia y alta no son iguales, particularmente, en la figura 6-3, la pendiente de la recta que se encuentra después del primer salto es menor, lo que nos indica que la tasa intermedia es más pequeña que la tasa alta.

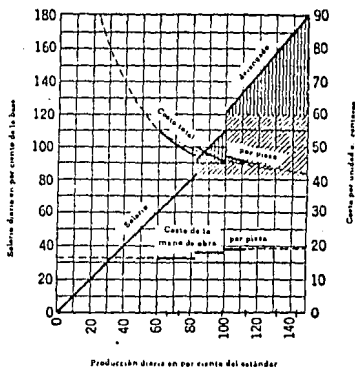


FIG.6-3 "PLAN DE MERRICK"

Este plan es eficaz para trabajadores altamente eficientes, pero es particularmente apropiado para los intervalos intermedios de rendimiento. Por esta razón es un plan ideal para mejorar a los operarios que anteriormente se hayan encontrado bajo un régimen de destajo simple.

6.3.4. Plan de Gantt. Este plan fue ideado por Henry Laurence Gantt¹⁴, como respuesta al sistema que había ideado su ex-asociado Frederick Taylor. Gantt pensaba que el sistema de incentivos de Taylor era demasiado rígido y exigente.

El sistema de incentivos Gantt consta de dos fases, durante la primera rige un sistema de salario por tiempo y en una segunda fase rige el sistema de destajo sobre el estándar.

El sistema de salario por tiempo es sencillamente el pago por el tiempo que el operario trabajó, independientemente del desempeño de éste.

Entonces, las percepciones del operario serán iguales a la tarifa por hora multiplicada por el número de horas trabajadas. La cantidad de trabajo que se obtendrá dependerá del efecto neto de la buena voluntad del empleado y de la vigilancia del patrón.

La segunda fase, es un destajo simple, es decir la remuneración es proporcional al número de piezas producidas.

La transición de las fases se realiza al momento que el operario alcanza el estándar, momento en el cual se aplica un salto de 20% del salario base como incentivo por haber alcanzado el estándar.

Por ejemplo, en una fábrica de piezas automotrices se utiliza un sistema de incentivos Gantt, el estándar por día es de 50 piezas, y el salario base es de \$ 2250 por la jornada de 8 horas. El destajo que se obtiene a partir del momento que el operario supera el estándar es de \$ 50 por pieza.

Entonces, si el operario no logra superar el estándar, y produce en un día sólo 40 piezas, tendrá derecho a sus percepciones aseguradas de \$2,250 por jornada de 8 horas.

Sin embargo, un operario que alcance la cifra de 57 unidades producidas en su jornada laboral diaria tendrá derecho a:

- \$ 2,250 (salario base por 8 horas.)
- \$ 450 (salto de 20% de salario base por haber alcanzado el estándar).
- \$ 350 (7 X 50, destajo obtenido por las 7 piezas elaboradas por encima del estándar).

3,050 Percepción del trabajador.

¹⁴ Gantt, Henry L. "Work, wages and profits". Engineering Management Co., New York, 1913.

Como podemos observar, este sistema es tan fuerte como el plan de Taylor, ya que las percepciones del trabajador aumentarán considerablemente si logra alcanzar la tarea alta o estándar, lo que indudablemente ocasionará que los trabajadores realicen su máximo esfuerzo en tratar de alcanzar los atractivos incentivos. La tarifa de pago por tiempo en la primera fase elimina el temor y hace que el sistema sea más compasivo y humano.

Este plan proporciona incentivos para los supervisores basándose en el número de trabajadores a su cargo que lograsen alcanzar el estándar y otras bonificaciones de acuerdo a la calidad del trabajo de la gente a su mando. Este procedimiento da una gran importancia a la instrucción y a las cualidades generales del capataz. Gantt sugería que la tasa base fuera baja, para hacerlo conveniente desde el punto de vista del costo y del incentivo, aunque esto tiene el inconveniente que es difícil contratar operarios en épocas de prosperidad.

En cuanto a lo que respecta a los saltos de bonificación Gantt, sugería que fueran de 10% al 15% para operarios que atendían máquinas y del 30% al 40% para trabajos en máquinas herramientas y en ciertas operaciones textiles que implicaban un esfuerzo de la atención o de la vista.

Para los operarios que trabajan con máquinas costosas quizá no exista ningún sistema mejor que el Gantt. Los saltos únicos y grandes hacen que valga la pena realizar esfuerzos extra y la fuerte pendiente más allá del estándar estimula a superar tal producción. Esta situación favorece la aproximación a la plena capacidad de la máquina y mantiene la distribución de los costos por máquina a un mínimo por unidad producida. Al mismo tiempo, el operario es protegido contra la pérdida de todo su salario si la máquina sufre una avería. Como en todos los sistemas por tiempo el patrón debe de cuidar que los trabajadores no caigan en la ineficiencia innecesaria o incluso en la pereza, puesto que la experiencia demuestra que en situaciones en la que los trabajadores tienen un salario asegurado con frecuencia no realizan su mejor esfuerzo. El patrón debe implementar un sistema de inspección eficiente en este plan de incentivos.

El sistema Gantt no es adecuado para operarios de baja calidad o inexpertos y puede implementarse sobre trabajadores que anteriormente hayan operado bajo sistemas de salarios a base de tiempo o a destajos simples. En el primer caso, es necesario apoyar en un principio el sistema con instrucciones y una estrecha vigilancia. En ambos casos, deben llevarse registros individuales de producción

hasta que se hayan fijado bien los hábitos para hacer la tarea.

La figura 6-4, nos muestra una gráfica típica del sistema Gantt y es importante observar en ella el salto de bonificación que en este caso es de 20%, puesto que al llegar al 100% del estándar, el operario recibe un 120% de su salario base, momento en el cual su su percepciones extras serán proporcionales a su producción, esta situación está representada por la recta de pendiente positiva de salario devengado.

Es también necesario señalar que mientras se encuentra el operario en la primera fase, es decir de salario por tiempo, la curva de costo de mano de obra, tenderá a bajar, puesto que debido a que su salario es fijo, será necesario más producción para que el costo de su salario base se divida entre más piezas.

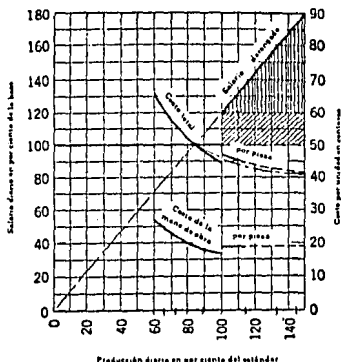


FIG 6-4 "PLAN DE GANTT".

6.3.5. Plan de horas estándares. Este plan es bastante similar al de destajo simple, pero con la diferencia de que los estándares se expresan en unidades de tiempo y no en unidades monetarias. Al igual que en un plan de destajo, el trabajador recibe sus percepciones proporcionalmente a su producción¹⁵.

Por ejemplo, en una máquina en la cual se determine que el estándar es de 3.62 horas por 100

¹⁵ Niebel, B.W. "Motion and time study". 6th. edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.

piezas y la tasa salarial base del estándar es de \$ 350 pesos, entonces el salario para este trabajo sería:

$(350)(3.62) = \$ 1,267$ por cien piezas, esto es, \$ 12.67 pesos por pieza.

Si un obrero elaboró 250 piezas en su jornada laboral de 8 horas; tendría derecho a una percepción de:

$(3.62)(350)(2.5) = \$ 3,167.5$ y su percepción por hora sería igual a:

$[(3167.5)/8] = \$ 395.94$

Para este caso particular, la eficiencia del operario sería de:

$(3.62)(2.5)/8 = 113\%$

La gráfica del plan de horas estándares es igual a aquella relativa al plan de destajo, como la mostrada en la figura 6-1, aunque es importante recalcar que el estándar se expresa en horas, por lo que el rubro de porcentaje del estándar, representará tiempo.

El plan de horas estándares pretende que el operario piense en la cantidad de trabajo y no en los pesos. Otra razón de peso para el empleo de este sistema es la flexibilidad que hace posible. Este sistema ofrece todas las ventajas del plan a destajo, es decir los operarios se preocuparán de su productividad, puesto que es función directa de sus ingresos. Sin embargo, es un poco más difícil de entender por parte de la clase laboral, ya que con frecuencia tiene problemas para calcular sus percepciones.

La gran ventaja que este plan ofrece es que los estándares no cambian cuando se alteran las tasas base, esto es muy importante en países como México, en donde los salarios tienden a sufrir incrementos de por lo menos dos veces por año, entonces el trabajo de los encargados de la nómina se reduce puesto que los estándares están expresados en horas y sólo será necesario ajustar el factor de tasa salarial base.

3.6.6. Sistema diferencial de tiempo con salto o escalones de bonificación. Este sistema es uno de los más sencillos de aplicar y de entender por parte de los trabajadores. Consiste en un salario base por tiempo, usualmente por 8 horas de trabajo, que los trabajadores tienen asegurados, pero con un incentivo del 20% sobre su salario, si logran alcanzar el estándar. Con esto se trata de combatir el conformismo que un sistema de pago por tiempo suele suscitar. El trabajador tendrá una razón importante por la cual desee aumentar su pro-

ducción pese a saber que tiene su salario base asegurado¹⁴.

Por ejemplo, en una fábrica de llantas se tiene un sistema de incentivos de tiempo con escalones de bonificación, teniendo los trabajadores un sueldo de \$ 3160 pesos por su jornada de 8 horas, pero con un salto de 20% si superan el estándar de 48 llantas por 8 horas.

Entonces, si un trabajador alcanza la cifra de 50 llantas en su jornada laboral, tendrá derecho a:

$(3160) + (3160)(.20) = \$ 3,792$, mientras, que si algún operario novato produce sólo 40 unidades, percibirá su salario base de \$ 3,160.

Este sistema presenta el inconveniente de que una vez que el operario alcanza el estándar no tendrá ningún interés por mejorar su productividad, puesto que ya no tendrá la posibilidad de mejorar sus percepciones, sin embargo, esta situación se puede corregir si se implementan escalones múltiples, por ejemplo al 110% y 120% del estándar.

El patrón deberá vigilar estrechamente a aquellos operarios que estén laborando por debajo del estándar, ya que podrían estar incurriendo en falta de productividad, que es el riesgo que se corre al emplear un sistema de pago por tiempo.

Este sistema es ideal para incentivar operarios que hayan trabajado previamente con sistemas ordinarios de tiempo, puesto que permite al operario adquirir la importante noción una relación entre su producción y sus percepciones, además, tendrá un móvil muy potente para intentar alcanzar el estándar.

Como en todos los sistemas que emplean el salto de bonificación, éste puede ser pequeño o grande, por ejemplo, si el estándar es intencionalmente alto, entonces el salto único no debe ser menor de 20% del salario base. Esto da un punto de relación paga-rendimiento que ha tenido mucho éxito y, si todos los demás factores son normales, debe mantener la producción por encima del estándar. Sin embargo, no puede esperarse que suba muy por encima de él, puesto que como se mencionó anteriormente, no existe ninguna razón que aliente al operario a trabajar por encima del estándar. Este sistema es, pues, adecuado para los trabajos en que se desea una producción fija, más bien que para cuando se quiere obtener una producción máxima. Y debe

¹⁴ Maynard H.B. (editor in chief). "Industrial Engineering Handbook". 3rd. edition Secc.6, Ch.2 "Wage incentive plans" by Mitchell Fein. McGraw-Hill Book Co. New York, 1971.

emplearse en máquinas que no deban de ser sobrecargadas de trabajo por parte de los operarios.

La figura 6-5 nos muestra la gráfica del sistema diferencial de tiempo con salto unitario.

Como se observa en la figura, al momento en que el operario alcanza el 100% del estándar, recibe un 20%, sobre su salario base. Nótese también las curvas de costo de mano de obra por pieza, las cuales decrecen, conforme el operario incrementa su producción.

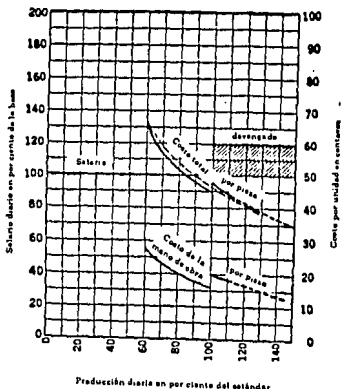


FIG. 6-5 "SISTEMA DIFERENCIAL DE TIEMPO"

6.3.7 Trabajo por día medido. Durante principios del presente siglo existió una cierta tendencia por parte de algunos empresarios norteamericanos de contratar personas sin preparación alguna, que se hacían llamar "expertos en eficiencia" y cuya labor supuestamente consistía en determinar la cantidad de trabajo que cada operario podía efectuar. Estos sujetos carecían de ética y únicamente defendían los intereses patronales, por lo que ocasionaron el repudio unánime de la clase laboral por los sistemas pago de salario a destajo. Debido a esto, los trabajadores pugnaron por un sistema que se apartara en la medida de lo posible, del odiado sistema de destajos. Como resultado de esta lucha, a principios de los años 30's, surgió el trabajo por día medido, el cual se sigue utilizando en nuestros días, con algunas variaciones.

En este sistema, la tasas salariales base se establecen mediante la evaluación de cada puesto. Como siguiente paso, se determinan los estándares por medio de un estudio de tiempos, los cuales usualmente se expresan en términos de horas estándar.

Una vez determinado el estándar, se implementa un sistema de información cuyo cometido sea el de recopilar la información concerniente al desempeño de los operarios en un periodo dado en lo que a eficiencia se refiere. Este periodo es de, por lo general, entre 1 y 3 meses. La eficiencia que el operario obtenga en el periodo será el factor por el cual se multiplicará su salario base para determinar sus percepciones del siguiente periodo.

Por ejemplo, el salario base para un determinado trabajador es \$ 2,160 pesos por día y el periodo de tiempo utilizado por la empresa es de un mes, es decir 30 días, que son 192 horas de trabajo efectivo (48 X 4).

Si durante el mes de Enero el empleado alcanzó una producción de 216 horas estándares, su eficiencia en el mes será igual a:

$$(216)/192 = 112.5 \%$$

Entonces, para el mes de Febrero, el trabajador tendrá derecho a percibir:

$(1.125)(2160) = \$ 2,430$ pesos diarios, independientemente de su productividad.

Como podemos observar, este sistema quita mucha de la presión que con frecuencia ahoga a la clase laboral. Esto se puede palpar en el ejemplo anterior, en donde el trabajador podrá estar tranquilo durante todo el mes de febrero, ya que tiene aseguradas su tasa salarial base en dicho mes, aunque su rendimiento actual será la base para Marzo.

Existe una corriente¹⁷ que asegura que el intervalo de tiempo que debe utilizar este sistema debe ser de 3 meses, con el objeto de aminorar el trabajo de oficina de calcular las tasas salariales base para cada empleado, sin embargo, es evidente, que entre más grande sea el periodo, los trabajadores sentirán más lejano su premio por el buen trabajo que realicen ahora, por lo que la fuerza y efectividad del incentivo se disminuye considerablemente.

Este sistema también asigna un incentivo a los supervisores que tengan a su mando gente que logre alcanzar y superar el 100% del estándar.

17. Backman, Jules. "Wage Determination". D. Van Nostrand Co. Princeton N.J., 1959. 316 pg.

Este sistema requiere de considerable trabajo de oficina, y el llevar registros de las tasas en detalle, así como los ajustes periódicos, suelen necesitar de un sistema costoso de oficinistas.

La experiencia demuestra que conforme el pasa el tiempo, la remuneración obtenida por el trabajador, tenderá a ser igual a la que hubiese percibido si se le pagara a destajo simple, por consiguiente, este plan debe considerarse como un caso particular de sistema a destajo¹⁸.

6.3.8 Sistema Halsey de participación constante (50-50) con garantía de tiempo. Este sistema fue ideado a finales del siglo pasado por Frederick Halsey, como respuesta a la inquietud laboral de tener sistemas que de alguna manera se apartasen del sistema a destajo. Debido a que en la época de Halsey, los estudios de tiempos aún no se empleaban, se determinaron estándares basados en los registros históricos de cada tarea.

Este plan garantizaba una percepción mínima para el trabajador.

Las percepciones del trabajador en un plan Halsey se estructuran de la siguiente manera¹⁹: salario por tiempo hasta el momento en el cual el trabajador alcance el 62.5% del estándar, una vez alcanzado este punto, se le remunerará por tiempo más una prima igual a la mitad del ahorro en el costo por pieza con respecto al 62.5% del estándar.

Por ejemplo, la figura 6-6, nos muestra la gráfica de un sistema de incentivos según el plan de Halsey. La percepción del trabajador es constante e igual al 100% de su salario base hasta el momento en que logra alcanzar el 62.5% del estándar, momento en el cual empieza a recibir una remuneración extra proporcional a su producción, con una pendiente tal que sea igual a la mitad del ahorro en el costo por pieza. La forma de obtener la pendiente de la recta de salario devengado a partir del 62.5 del estándar es la siguiente:

Se obtiene la pendiente que tenga una línea recta trazada desde el origen hasta el punto en el cual la parte horizontal de la recta de salario

18 Sutermeister, Robert A., "People and productivity", 3rd edition., McGraw-Hill Book Co., New York, 1976. 475 pg.

19 Loudon J.K. & Deegan J.W; "Wage Incentives". 2nd.edition, John Wiley & sons., New York, 1959. 227 pg.

devengado alcanza el valor de 62.5 (línea discontinua en fig. 6-6). Entonces, para este caso particular, la pendiente será de:

$m = (62.5/100) = .625$ ó $5/8$, pero debido a que sólo el 50% de los beneficios obtenidos por el incremento de producción son para el trabajador, la recta de salario devengado debe tener una pendiente igual a la mitad de la pendiente calculada sobre el 62.5% del estándar. Entonces para el caso particular de la figura 6-6 nuestra recta de salario devengado a partir del 62.5 del estándar deberá tener una pendiente igual a:

$$m_1 = \frac{1}{2}m = \frac{1}{2}\left(\frac{5}{8}\right) = \frac{5}{16}$$

Supongamos ahora que para la figura 6-6 el salario base es de \$2,060, por lo que si un operario alcanza el 80% del estándar tendrá derecho, según la recta de salario obtenida a un 117% del salario base, o sea a \$ 2,410.2 pesos.

Podemos observar que el costo de la mano de obra por pieza disminuye conforme se incrementa la producción. Como resultado de esta situación, surgió una corriente ideológica que afirma que debe ser inadmisibles para la clase laboral el hecho de que la empresa este dispuesta a pagar un determinado costo por mano de obra en productividades bajas y que sin embargo, tenga un costo de mano de obra inferior en productividades altas. Según esta ideología, los obreros deben exigir que les sean otorgados los beneficios resultantes del decremento del costo de mano de obra.

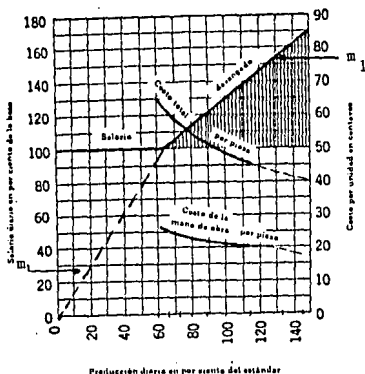


FIG 6-6 "SISTEMA HALSEY".

Este plan fue concebido con el espíritu de que los beneficios obtenidos por una buena productividad fuesen repartidos equitativamente entre la empresa y los trabajadores.

Este sistema es ideal para aplicarse en trabajos que por cualquier razón no se tenga la certeza del rendimiento que pueda esperarse de los operarios. Es también recomendable para estándares calculados en base a tiempos tomados que de alguna forma impliquen cierta duda sobre si están correctos o no. En cualquiera de estos casos, es conveniente tener un incremento de moderado a partir del 62.5% del estándar.

La utilización de este sistema proporciona a los trabajadores un incentivo seguro, y al mismo tiempo liberal, en el intervalo de tiempos intermedios. No deben esperarse resultados espectaculares más allá del 90% del estándar, aunque la experiencia indica que existen casos aislados de excelentes productividades con operarios aplicándoseles este sistema. El sistema de Halsey suele limitarse al trabajo de tipo variado como conservación y mantenimientos, y para empleados que en el pasado estuviesen regidos por un sistema de salarios ordinarios por tiempo.

La razón de participación 50-50, no siempre es la adecuada y existen empresas que varían en forma importante estos índices, por ejemplo la Westinghouse Electric & Manufacturing Co.²⁰ tiene en uso numerosas proporciones incluyendo una que concede 90% a los empleados y 10% para la empresa.

3.6.9 Sistema original Bedaux de puntos. Este plan es bastante similar a plan Halsey anteriormente descrito. La diferencia primordial es que empiezan a aumentar las percepciones del trabajador hasta el momento en el cual el operario alcanza el estándar, pero su participación es de 75% para él y 25% para la empresa.

Entonces, el operario recibe su remuneración por tiempo hasta el punto en el cual alcanza el estándar, momento en que empieza a recibir una bonificación especial y proporcional a su producción en una tasa igual al 75% de los beneficios obtenidos por el aumento de la productividad en una forma análoga al sistema Halsey de participación constante.

²⁰ Lowry, S.M., Maynard H.B. & Stegemerten G.J., "Time and motion study and formulas for wage incentives". 3rd. edition. McGraw-Hill Book Co., New York 1940.

Lo que distingue a este sistema no es su gráfica de paga o devengo, sino su sistema de control. El control se consigue estableciendo un minuto-hombre al que se le da el nombre de Bedaux o B. Este elemento se define como la proporción relativa de trabajo y descanso según lo necesite el trabajo total. Se esperaba que un operario realizara 60 B en cada hora de trabajo. El número de unidades o puntos B que se obtenían en una determinada labor se establecían mediante estudios de tiempos.

Entonces, cada jornada de trabajo de 8 horas consistirá de 480 B. Si en una fábrica, un determinado operario alcanza a ganar 530 B, tendría una eficiencia igual a:

$$(530)/(480) = 110.4\%$$

El operario obtuvo 50 B (513 menos 480) sobre el estándar, pero como el plan indica 75% de beneficios para el trabajador, tendría derecho a una prima correspondiente a:

$$(50)(.75) = 37.5 \text{ B.}$$

Si el salario diario base es de \$ 2,450.00 cada punto B tendría un valor de:

$$(2450)/(480) = 5.1 \text{ pesos.}$$

El operario recibiría un incentivo equivalente a:

$$(37.5)(5.1) = 191.25 \text{ pesos sobre su salario base para ese día.}$$

La figura anexa 6-7, nos muestra la gráfica de un sistema original Bedaux de puntos con participación constante (75-25) a partir del estándar. Nótese la similitud con la figura 6-6 relativa al plan Halsey.

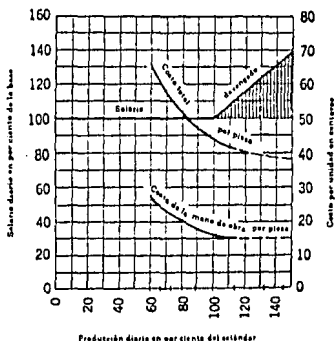


FIG 6-7 "SISTEMA ORIGINAL BEDAUX DE PUNTOS".

El sistema del tipo Bedaux es muy apropiado para las grandes compañías. El trabajo administrativo extra que exige puede no ser compensado en una compañía de poca importancia, pero las grandes compañías tienen en este sistema una herramienta eficaz para obtener un adecuado control de la producción.

Al igual que cualquier otro sistema de incentivos, el Bedaux necesita del apoyo total por parte de la dirección de la empresa.

La debilidad real del sistema es que un apresuramiento excesivo por parte de la gerencia para obtener los estándares B puede traer como resultado una inexactitud en las tasas de trabajo.

6.3.10. Plan de Rowan. Este plan fue concebido a finales del siglo pasado por James Rowan y tiene como concepto fundamental el incentivar el porcentaje de tiempo que se economiza, en relación al 62.5% del tiempo estándar²¹. Este plan incluye un salario mínimo asegurado y una bonificación que comienza a partir del momento en el cual el operario logra alcanzar el 62.5% del estándar. Si el estándar fue bien calculado con un buen estudio de tiempos y movimientos, será imposible que el operario alcance productividades más allá del 90% sobre el estándar. El espíritu primordial de este plan de Rowan es de proporcionar al obrero una cierta protección contra estándares mal calculados, ya que tiene un salario mínimo asegurado, que de cualquier manera el operario percibirá independientemente de su productividad y aun proporcionar suficiente incentivo para que el operario mantenga un esfuerzo continuo durante toda su jornada laboral. Este plan tiene la limitación que es virtualmente imposible para el operario obtener grandes ingresos provenientes del incentivo, puesto que cada vez será más difícil alcanzar mejores porcentajes sobre el estándar, ya que éste se mide en tiempo y se llega un punto en que es prácticamente imposible incrementar la producción, so pena de incurrir en errores que den como resultado detrimento en la calidad de la manufactura.

Para este sistema es conveniente introducir el concepto de "tarea baja", que corresponde al 62.5% del estándar, pero, debido a que éste se expresa en términos de tiempo y sabiendo que un estándar de tiempo se comporta inversamente que un

²¹ Rowan, James. "A premium system of remunerating labor", Proceeding mechanical engineers of United Kingdom. Manchester, 1901. 865 pg.

estándar de producción, esto es, a mayor tiempo empleado en una operación unitaria la eficiencia será menor, (en un estándar de producción a mayor producción mayor eficiencia), el factor de .625 deberá dividirse al tiempo estándar.

Entonces, si en una determinada planta se tiene un estándar de pieza por hora, la tarea baja, o sea el 62.5% del estándar será:

$$1/.625 = 1.6 \text{ horas.}$$

Esto es lógico, puesto que si al operario le tomó 1.6 horas realizar una tarea que tenía 1 hora como estándar, obviamente que su eficiencia será menor al 100%.

Este sistema de salarios con incentivos se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$S_a = P_a T + \frac{T_e P_a T}{B_e}$$

donde:

S_a = Percepción o salario.

P_a = Tasa de percepción por periodo.

T = Tiempo de trabajo real.

T_e = Tiempo economizado. (Tarea baja, menos el tiempo de trabajo real.)

B_e = Tarea baja.

Entonces, pongamos el ejemplo de un operario en una planta determinada quien tiene un salario base de \$ 315 pesos por hora y durante su jornada laboral de ocho horas de trabajo logra realizar una cierta labor que tiene un estándar de 9.5 horas. Para este caso particular, la tarea baja será igual a:

$$(9.5)/.625 = 15.2 \text{ horas.}$$

y el tiempo economizado será igual a:

$$(15.2 - 8) = 7.2 \text{ horas.}$$

Por lo tanto, la percepción para este operario en este día será igual a:

$$S_a = (315)(8) + \frac{(7.2)(315)(8)}{15.2} = \$ 3,713.68$$

Este valor es significativamente más alto que los \$ 2,520 (315 X 8), que hubiese percibido si no existiera este sistema de incentivos. Una percepción de \$ 3,713.68 equivale a ganar \$ 464.21 pe-

sos. por hora (3713.68)/8. Si este operario mantiene este mismo nivel de productividad, podrá ganar hasta \$ 35,808 mensuales sobre su salario normal por concepto de incentivos ganados.

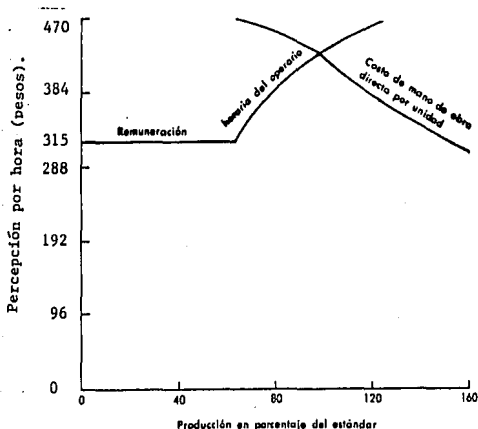


FIG 6-8 "PLAN DE ROWAN".

La siguiente tabla nos muestra los diferentes niveles de percepción según varios niveles de eficiencia para el ejemplo anterior:

% del estándar	Tiempo real trabajado.	Tiempo economizado	Percepción por hora.
62.5	15.2	0	315
80	11.875	3.325	383.91
100	9.5	5.7	433.13
110	8.64	6.56	451.02
118	8	7.2	464.21
130	7.31	7.89	478.56
150	6.33	8.87	498.75

La figura adjunta 6-8²² nos muestra la gráfica de percepciones para este ejemplo y el costo de mano de obra directa por unidad, según este sistema Rowan de remuneraciones.

22 Niebel, B.W. "Motion and time study". 6th. edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.

Este plan tiene el inconveniente de que suele ser difícil de entender por parte de la clase laboral, que siempre preferirá sistemas simples y sin ninguna complicación. Este sistema requiere también, de más trabajo de oficina al momento de elaborar las nóminas.

6.3.11 Plan empírico de Emerson. Este sistema asegura al trabajador una percepción mínima garantizada mas una bonificación calculada en base a unas tablas empíricas que incentivan al trabajador a partir del momento en el cual éste alcanza 2/3 del estándar. Este estímulo aumenta en magnitud hasta el punto en el cual el trabajador alcanza el estándar, momento en el cual recibe una sistema de pago proporcional a su producción, más una prima extra de 20% sobre sus percepciones por tiempo trabajado.

La filosofía de Emerson sobre los incentivos²³ era proporcionar a los trabajadores percepciones atrayentes y moderadas. El objeto principal de los puntos empíricos es situar puntos de pagorrendimiento donde se desee, prescindiendo de toda expresión matemática. Además este sistema de puntos empíricos permite que la empresa establezca los puntos donde los considere más conveniente. La experiencia demuestra que las curvas más efectivas para este sistema son los arcos de circunferencia concávos hacia arriba, ya que proporcionan un incentivo gradual.

Este sistema puede expresarse matemáticamente de la siguiente manera:

Desde una productividad cero hasta el momento en el cual el trabajador alcanza el 62.67 del estándar tendrá una paga por tiempo, o sea:

$$S_a = P_a T$$

donde:

S_a = Percepción o salario.

P_a = Tasa salarial base por periodo.

T = Periodos de tiempo de trabajo real.

Al momento de que el trabajador alcanza una producción superior al 66.67 del estándar y hasta el momento en que alcanza el 100% de éste tiene derecho a una percepción igual a:

$$S_a = P_a T (1 + B_a)$$

²³ Emerson, H. "Efficiency as a basis for operation and wages" Engineering magazine Co. New York 1912. 254 pg.

donde:

B_e = Factor empírico de bonificación que se debe deducir de la siguiente tabla:

% del estándar.	Factor de Bonificación	% del estándar.	Factor de Bonificación
67	0.0001	84	0.0553
68	0.0004	85	0.0617
69	0.0011	86	0.0684
70	0.0022	87	0.0756
71	0.0037	88	0.0832
72	0.0055	89	0.0911
73	0.0076	90	0.0991
74	0.0102	91	0.1074
75	0.0131	92	0.1162
76	0.0164	93	0.1256
77	0.0199	94	0.1352
78	0.0238	95	0.1453
79	0.0280	96	0.1557
80	0.0327	97	0.1662
81	0.0378	98	0.1770
82	0.0433	99	0.1881
83	0.0492	100	0.2

Esta tabla fue ideada por Emerson²⁴, después de exhaustivos estudios y análisis acerca de la mejor manera de estimular positivamente a todos los trabajadores para que desempeñaran de una manera más eficiente sus labores.

Una vez que el operario alcanza el estándar recibe una paga proporcional a su producción que lo estimula con una sobretasa del 20% sobre el salario base más una percepción por concepto de las horas ahorradas con respecto al tiempo estándar, o sea:

$$S_e = (1.2)R_e T + S_e R_e$$

donde:

S_e = Tiempo economizado con respecto al tiempo estándar. (Tiempo estándar menos tiempo real de trabajo.)

Entonces, si para una determinada operación el estándar es de 5 piezas por hora y la tasa salarial base es de \$ 300 por hora y sucede que un operario elabora las 5 piezas en dos horas, su eficiencia será de:

24 Emerson, H. "Efficiency as a basis for operation and wages" Engineering magazine Co. New York 1912. 254 pg.

$$(1)/(2) = .5 = 50\%$$

Por lo que, según este sistema de remuneración tendrá derecho a:

$(300)(2) = \$ 600$ por sus dos horas de trabajo, o sea \$ 300 pesos por hora, debido a que no alcanzó factor de bonificación por estar debajo del 66.67% del estándar. Si experimenta una productividad análoga para el resto del día, sus percepciones serían de $(300 \times B) = \$ 2,400$ pesos.

Por otra parte, si un operario elabora las cinco piezas en un período de 1.25 horas, tendrá una eficiencia igual a:

$$(1)/(1.25) = 0.80 = 80\%$$

Este índice de productividad, según el plan de Emerson tiene derecho al factor de bonificación B_0 , por lo que buscando en la tabla para 80% del estándar, se tienen unas percepciones iguales a:

$(1.25)(300)(1.0327) = \$ 387.26$, por su hora y cuarto de trabajo, o sea, \$ 309.81 pesos la hora $(387.26/1.25)$. De mantener el mismo ritmo en toda su jornada de 8 horas, habrá ganado \$ 2,478.5.

En el caso de un operario altamente experimentado que logre realizar las 5 piezas en sólo 45 minutos, se tendrá una productividad de:

$$(1)/(0.75) = 1.33 \text{ ó } 133\%$$

El tiempo economizado será igual a:

$$(1 - .75) = .25$$

Por lo que sus percepciones serían:

$(1.2)(300)(0.75) + (.25)(300) = \$ 345.00$ por sus 45 minutos de trabajo, entonces, sus percepciones por hora serían de \$ 460 $(345/.75)$, y si mantiene este ritmo para toda su jornada, habrá ganado \$ 3,680.00.

La figura adjunta 6-9, nos presenta la gráfica para un sistema Emerson de bonificación-rendimiento. Es importante notar que la curva de salario devengado es horizontal hasta el 66.67 del estándar, momento en el cual se convierte en una curva irregular hasta el 100% del estándar, punto en el cual adquiere la forma de una recta con pendiente positiva, debido a su tercera etapa de pago proporcional a la producción.

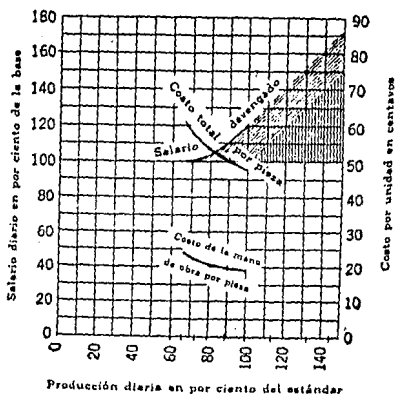


FIG 6-9 "PLAN DE EMERSON".

6.3.12. Planes de participación de los beneficios resultantes de economizar costos. Una forma de incentivar a los trabajadores que está ganando adeptos entre las empresas más progresistas de la actualidad, es aquella relativa a hacer participar a los trabajadores de los beneficios resultantes de un ahorro en materia de costos o de un incremento en la productividad global, siempre y cuando estos hechos sean el resultado de un esfuerzo concreto y palpable por parte de los trabajadores por concepto de actuaciones superiores o de un perfeccionamiento en los métodos de trabajo. Muchas corrientes teóricas arguyen²⁵ que para el trabajador típico le será indiferente las mejoras globales que pudiesen acarrear modificaciones importantes a los métodos o materiales de trabajo, puesto que para él sólo será importante su productividad personal, ya que es el único rubro que esta incentivado por parte de la empresa. Como resultado de estos razonamientos, surgió una serie de planes que tienen como principal fundamento una estrecha interrelación entre los incentivos y un "valor de producción" por encima del estándar. El valor de producción no es otra cosa que la diferencia monetaria entre las ventas de producto terminado y las compras de materia prima. Entonces, este valor de pro-

25 Rucker, Allen W. "Gearing wages to productivity". The Eddy-Rucker-Nickels Co., Inc. Cambridge Mass., 1962.

ducción es el valor agregado con el cual han contribuido los trabajadores con su trabajo.

Este "valor agregado", puede mejorarse si se logra:

- a) Incrementar el volumen de producción global por individuo.
- b) Economizar, sin sacrificio de la producción, materias primas, combustibles y energéticos, refacciones y otros insumos análogos.
- c) Mejorar los precios y condiciones de venta.
- d) Reducir los desperdicios.

Una vez que se ha determinado el monto de la cantidad economizada, se procede a repartir dos tercios de esta cantidad entre los trabajadores, quedando el tercio restante como fondo de compensación para situaciones de actuación global por debajo del estándar.

6.3.13 Participación de utilidades. La participación de utilidades en México es un derecho Constitucional que tienen los trabajadores de acuerdo al artículo 123 en su fracción IX, por lo que ha perdido su carácter de sistema de incentivo en el sentido estricto de la palabra, puesto que a diferencia de otras naciones industrializadas, en las que las entidades económicas son auténticamente autónomas en materia de participación de utilidades, en México las bases y formas de implementarla están perfectamente definidas en la ley federal del trabajo, y son, en consecuencia, las autoridades laborales, quienes deciden cómo y en que circunstancias la participación de utilidades a los trabajadores ha de tener lugar en una empresa.

Sin embargo, es evidente que en México, uno de los móviles más poderosos que inducen a los trabajadores a mejoras en la productividad es la posibilidad de obtener participación de utilidades al final del ejercicio fiscal, por lo que este es importante hacer mención de ella, pero dado su carácter fundamentalmente jurídico laboral, se analiza este tópico en la sección de aspectos legales de los incentivos del presente capítulo.

6.4. Forma de implementar un plan de incentivos en los salarios.

Cuando una empresa se decida a implantar un sistema de incentivos, o por lo menos a realizar un estudio de factibilidad acerca de una posible implementación de éstos, deberá como primer paso introducir una política de estandarización de méto-

dos de trabajo basada en estudios de tiempos y movimientos. Una vez que se establezcan los métodos pertinentes, deberá verificarse que todos los trabajadores por incentivar están utilizando de manera eficiente los movimientos determinados por los estudios.

La programación de la producción deberá estar coordinada de tal manera que existan buenas posibilidades que todo operario tenga trabajo que hacer a cualquier hora del día, esto con el objeto de evitar que un trabajador se quede sin órdenes de producción y perdiere de este modo la oportunidad de obtener incentivos. Deben también verificarse las existencias adecuadas de material y el adecuado mantenimiento de máquinas y herramientas.

Para que un plan de incentivos sea exitoso, deberá ser justo para la empresa y para el trabajador. El plan debe ofrecer al operario la posibilidad de ganar entre el 15% y el 35% sobre su salario base si posee una habilidad promedio y realiza su mejor esfuerzo, de este modo la empresa obtendrá como compensación del sobresueldo otorgado, una disminución de costos fijos por unidad, puesto que éstos se distribuirán entre un mayor número de unidades.

También deben establecerse técnicas confiables de verificación de cantidades y calidades de la producción de los trabajadores.

Con el objeto de intensificar el impacto de los incentivos es conveniente que en el sobre de su paga semanal, aparezca el importe de la cantidad obtenida por concepto de incentivo por separado de su salario normal.

Otra característica fundamental de un buen plan de incentivos es su sencillez, por lo que éste debe simplificarse en la medida de lo posible.

Se debe también tener la certeza de que tanto la clase laboral como la patronal han entendido perfectamente las bases y mecánicas del sistema a emplear.

Una vez que se ha implantado el sistema, la gerencia debe asumir la responsabilidad de mantenerlo, asimismo debe ejercer su derecho de cambiar los estándares cuando cambien de manera importante las condiciones de trabajo originales, por ejemplo, cuando se modifique la maquinaria o el centro de trabajo.

Debe de evitarse la liberalización de estándares que provoca vicios y abusos de algunos trabajadores.

La gerencia debe adoptar una actitud de apoyo para los trabajadores y debe evitar caer en conductas de autoritarismos exagerados, con el objeto de que los trabajadores adquieran una concien-

cia de responsabilidad y que están convencidos que ellos deben cooperar con su esfuerzo personal para el progreso del negocio.

Las metas globales deben establecerse claramente en unidades perfectamente mesurables y se deben asimismo, descomponerse en metas de división, área, departamento, centro de trabajo e individuales. Estas metas deben ser realistas y deben especificar cantidades y calidades perseguidas.

Posteriormente, la compañía debe implementar un sistema de información para que los obreros estén enterados de sus progresos y de sus logros con relación a las metas propuestas.

Un plan de incentivos puede considerarse como un fracaso cuando cuesta más mantenerlo que los beneficios obtenidos gracias a él.

Para que tenga éxito un sistema de incentivos debe de ser mantenido adecuadamente por parte de la gerencia. Como primer paso, al implementarlo, la gerencia tiene la obligación de hacer participe a todos los trabajadores de las particularidades del plan, sobre este punto, muchas empresas suelen realizar este paso con un manual que explique en una forma clara la mecánica que sigue el plan de incentivos.

Una vez que el plan ha sido implementado, es importante efectuar revisiones diarias y detectar aquellas actuaciones excesivamente elevadas, así como aquellas que sean particularmente bajas. Debido a la obligación que por ley tiene la empresa de pagar un salario mínimo, una productividad baja cuesta mucho a la empresa. Por otra parte, una productividad demasiado elevada será indicio de un estándar holgado o la introducción de un nuevo método de trabajo, situación que exige una revisión inmediata de los estándares. Las situaciones de porcentajes altos de estándares erróneos fácilmente pueden acarrear el fracaso completo del sistema de incentivos.

Es muy conveniente llevar informes detallados que registren las productividades particulares de las diversas áreas, departamentos o individuos, para poder detectar las áreas que experimenten un comportamiento anormal.

La piedra angular en la administración de cualquier sistema de incentivos es la capacidad de la empresa para detectar y ajustar estándares que se tornen estrechos u holgados. No importa que tan pequeño sea un cambio introducido en el método de trabajo, siempre es importante revisar el estándar en busca de posibles ajustes.

En las plantas grandes, debe de buscarse que la totalidad de los trabajadores esten bajo un

régimen salarial incentivado, salvo en situaciones en las que para grupos específicos:

a) El costo de medir la producción individual sea demasiado caro en relación a los beneficios esperados.

b) El volumen de trabajo no sea lo suficientemente grande como para justificar económicamente su implantación.

c) El trabajo sea difícil de medir.

Por otro lado, la empresa debe tener una comprensión cabal de las relaciones humanas implicadas, ya que, aunque el plan esté perfectamente diseñado, puede perturbar seriamente las relaciones laborales si no se escucha atentamente las sugerencias y comentarios de las personas directamente implicadas en los incentivos que son los trabajadores. Se debe proporcionar al personal información cuando la soliciten y se debe atender pacientemente todas las quejas de los operarios.

6.5 Aspectos legales de los sistemas de remuneración.

La Ley federal del trabajo, que emana de la Constitución de 1917 es el código que regula las relaciones laborales en México.

Uno de los conceptos básicos de cualquier sistema de remuneración que tenga lugar en México es que ningún trabajador puede percibir un pago menor al salario mínimo definido en el artículo 90 de la antes mencionada ley federal del trabajo, mismo que a continuación, dada su trascendencia, se transcribe:

Art. 90 "Salario mínimo es la cantidad menor que debe recibir en efectivo el trabajador por los servicios prestados en una jornada de trabajo."

"El salario mínimo deberá ser suficiente para satisfacer las necesidades normales de un jefe de familia en el orden material, social y cultural y para proveer a la educación obligatoria de los hijos."

"Se considera de utilidad social el establecimiento de instituciones y medidas que protejan la capacidad adquisitiva del salario y faciliten el acceso de los trabajadores a la obtención de satisfactores."

De este artículo se desprende, que si se desea implementar un sistema de pago de salario con incentivos en una planta productiva en México, forzosamente se deberá garantizar al trabajador, por lo menos, una percepción mínima equivalente al sa-

lario mínimo vigente para la zona económica de que se trate o el salario mínimo profesional correspondiente.

Con respecto a la forma de fijar el salario, tenemos el artículo 83 que dice:

"El salario puede fijarse por unidad de tiempo, por unidad de obra, por comisión, a precio alzado o de cualquier otra manera."

"Cuando el salario se fije por unidad de obra, además de especificarse la naturaleza de ésta, se hará constar la cantidad y calidad de material, el estado de la herramienta y útiles que el patrón, en su caso, proporcione para ejecutar la obra, y el tiempo por el que los pondrá a disposición del trabajador, sin que se pueda exigir cantidad alguna por concepto del desgaste natural que sufra la herramienta como consecuencia del trabajo."

De lo anteriormente expuesto concluimos que el trabajo a destajo o por unidad de obra es perfectamente lícito en México, siempre y cuando cumplan las normas estipuladas en el artículo anteriormente expuesto.

El jurista laboral Néstor de Buen L.^{2a}, a este respecto apunta:

"El pago a destajo suele combinarse con un salario de garantía igual o superior al mínimo que asegura a los trabajadores contra las contingencias de una producción insuficiente por causas ajenas al propio trabajador. Esta garantía opera salvo que la causa de la producción insuficiente sea imputable al propio trabajador."

"Desde el punto de vista patronal el pago a destajo es bien visto ya que su costo de mano de obra resulta proporcional a la producción. Un adecuado sistema de destajos exige una correcta valuación de las tareas (tiempos y movimientos) y la implantación de sistemas estrictos de control de calidad."

Entonces, una vez que el patrón garantiza el salario mínimo al trabajador, podrá implantar CUALQUIER sistema de incentivos, tales como los que fueron expuestos en el presente capítulo.

En la actualidad, existen muchas compañías que han implantado en México exitosos programas de incentivos como lo son Volkswagen, Ford Motor Company, Conduxem, Tremec entre otras.

Los contratos colectivos de trabajo están

26 De Buen L. Néstor. "Derecho del Trabajo" Vol. II, Sexta edición actualizada. (pag. 188); Editorial Porrúa, México, 1986.

definidos por el artículo 386 de la ley federal del trabajo en los siguientes términos:

"Contrato colectivo de trabajo es el convenio celebrado entre uno o varios sindicatos de trabajadores y uno o varios patronos, o uno o varios sindicatos de patronos, con objeto de establecer las condiciones según las cuales debe prestarse el trabajo en una o más empresas o establecimientos."

En base a lo anterior, podemos deducir que la clase laboral, podría solicitar que un determinado sistema de incentivos que haya sido implementado exitosamente en la planta, pasara a formar parte integrante del contrato colectivo de trabajo.

A este respecto las opiniones son unánimes, NINGUN SISTEMA DE INCENTIVOS DEBE PASAR A FORMAR PARTE INTEGRANTE DEL CONTRATO COLECTIVO DE TRABAJO, ya que de lo contrario, los patronos estarían obligados a mantenerlo indefinidamente, dada la extrema dificultad que implica el hecho de retirar una prestación conquistada por los trabajadores en el contrato colectivo de trabajo. Este punto es extremadamente importante en los casos en los que la empresa tenga un sindicato fuerte o tradicionalmente conflictivo.

En México existen una serie de prestaciones obligatorias para los patronos, que están reglamentadas por las autoridades laborales, que si bien no tienen el carácter de incentivos en el sentido de ser una iniciativa patronal que pretenda estimular la productividad de sus trabajadores, evidentemente representan un fuerte estímulo monetario para el trabajador que de alguna manera lo motiva a buscar la buena marcha del negocio. La más importante de estas prestaciones es la participación de utilidades.

La reglamentación de la participación de utilidades está estipulada en el capítulo VIII del título tercero de la ley federal del trabajo.

La participación de utilidades consiste en la repartición del 10% de la utilidad fiscal que la empresa haya registrado durante su ejercicio. La cantidad resultante a distribuir, se divide de la siguiente manera: el 50% del total se asigna a los trabajadores en función a los días trabajados durante el ejercicio, independientemente de la remuneración percibida por cada trabajador; el 50% restante se distribuye en forma proporcional a los ingresos percibidos por el trabajador durante ese año.

Tienen derecho a la participación de utilidades aquellos trabajadores que hayan laborado por un periodo superior a 60 días. También tienen derecho aquellos trabajadores que, aunque no estén

trabajando en la fecha del pago de reparto, hayan laborado en la empresa por algún periodo durante el ejercicio. Los trabajadores que no tengan un año en su trabajo, percibirán una parte proporcional por sus días trabajados. Quedan excluidos del reparto los gerentes, directores generales y miembros del consejo de administración.

Están obligadas a pagar el reparto todas las empresas a excepción de aquellas que hayan registrado pérdidas fiscales durante el ejercicio y aquellas que esten cumpliendo su primer ejercicio fiscal. El periodo de pago debe ser dentro de los 60 días siguientes a la fecha a la cual la empresa tiene la obligación de presentar su declaración anual del impuesto sobre la renta.

Existen otras prestaciones como el aguinaldo o las vacaciones que no pueden clasificarse como incentivos, ya que el trabajador tendrá derecho a ellas, haya sido productivo o no durante su periodo de labores.

6.6 Conclusión.

Como podemos ver, en México se tienen las condiciones ideales para la implantación de sistemas de incentivos, ya que nuestro esquema legal nos lo permite sin incurrir en ninguna violación a las normas establecidas, además, es innegable que una de las necesidades prioritarias del país es la de mejorar la productividad individual y global de todas las entidades económicas, y el instrumento idóneo para lograrlo sin lugar a dudas es la implantación de planes de remuneración incentivados.

Afortunadamente, las sociedades industriales están empezando a reconocer la inmensa valía que tienen los incentivos y cada vez son más las plantas que tienen planes de incentivos en México.

Los sistemas de incentivos bien implantados, han demostrado representar grandes ventajas, tanto para trabajadores como para las empresas. El beneficio principal para los empleados es, indudablemente, la posibilidad de ver incrementados sustancialmente sus ingresos de una manera rápida. La empresa obtendrá el beneficio de una mayor producción, y por ende, disminución de sus costos fijos por unidad.

Dentro de las expectativas económicas para las futuras décadas, se considera como de fundamental importancia que las naciones en vías de desarrollo, como México, logren incrementar la productividad de sus plantas industriales, cosa que deben intentar alcanzar utilizando los principios fundamentales de la ingeniería industrial.

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

CAPITULO 6: "SISTEMAS DE REMUNERACION"

- 1 Riggs, James L.; "Production systems planning, analysis and control", 1970. John Wiley & Sons. New York.
- 2 Schwinger P.; "Wage Incentive systems". John Wiley & Sons, New York, 1975. 200 pg.
- 3 De Buen L.Néstor. "Derecho del Trabajo" Vol.II, Sexta edición actualizada. (pag.177); Editorial Porrúa, México, 1986.
- 4 Niebel, B.W. "Motion and time study". 6th.edition. Richard D.Irwin. Homewood Ill., 1976. 719 pg.
- 5 Lytle C.W. "A new approach on wage incentives", Marketing Executives Magazine. Vol.10 Num.51 American Management Asociation; Oct-Nov-Dec.1977
- 6 Ley Federal del trabajo. Secretaria del trabajo y previsión social. Mexico, D.F.
- 7 Gomberg W. "A trade union analysis of time study"- 2nd edition. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J.,1955, 318 pg.
- 8 Taylor F.W.; "The principles of scientific management", Harper & Brothers, New York, 1911. 144 pg.
- 9 Merrick, Dwight V. "Times studies as a basis for rate setting". Engineering management Co., New York, 1920. 360 pg.
- 10 Gantt, Henry L. "Work, wages and profits". Engineering Management Co., New York, 1913.
- 11 Maynard H.B. (editor in chief). "Industrial Engineering Handbook". 3rd.edition Secc.6, Ch.2 "Wage incentive plans" by Mitchell Fein. McGraw-Hill Book Co. New York, 1971.
- 12 Backman, Jules. "Wage Determination". D.Van Nostrand Co. Princeton N.J.,1959. 316 pg.
- 13 Sutermeister, Robert A., "People and productivity", 3rd edition., McGraw-Hill Book Co. New York 1976. 475 pg.

14 Louden J.K. & Deegan J.W; "Wage Incentives". 2nd.edition, John Wiley & sons., New York, 1959. 227 pg.

15 Lowry, S.M., Maynard H.B. & Stegemerten G.J. "Time and motion study and formulas for wage incentives". 3rd.edition. McGraw-Hill Book Co., New York 1940.

16 Rowan, James. "A premium system of remunerating labor", Proceeding mechanical engineers of United Kingdom. Manchester, 1901. 865 pg.

17 Emerson, H. "Efficiency as a basis for operation and wages" Engineering magazine Co. New York 1912. 254 pg.

18 Rucker, Allen W. "Bearing wages to productivity" The Eddy-Rucker-Nickels Co., Inc. Cambridge Mass., 1962.

C A P I T U L O 7

"IMPLEMENTACION DE LOS ESTUDIOS"

7.1	Introducción	200
7.2	Establecimiento y mantenimiento de estándares de tiempo	200
7.3	Implementación de un departamento de Ingeniería Industrial en una empresa	206
7.4	Recomendaciones adicionales	210
	Bibliografía	212

"IMPLEMENTACION DE LOS ESTUDIOS"

7.1 Introducción.

Prácticamente, todos los tópicos de la ingeniería industrial como los diagramas de proceso, el análisis de operaciones, los estudios de tiempos, etc., tratan acerca de técnicas y procedimientos que a veces resultan excesivamente teóricos, por lo que, con frecuencia existe poca información específica disponible acerca de los procesos ordinarios requeridos para la efectiva operación de un departamento de ingeniería industrial. Es por ello que el presente capítulo tratará de ilustrar la mejor manera de implementar los estudios, en la inteligencia que muchos detalles de los procesos administrativos variarán considerablemente de una planta industrial a otra, en función del tamaño de la fábrica, de la naturaleza de sus operaciones, de su sistema organizativo, de si están o no incentivados los trabajadores y muchos otros factores. Existen, sin embargo, algunos principios y procedimientos administrativos que se pueden aplicar a todo departamento de ingeniería industrial.

7.2. Establecimiento y mantenimiento de estándares de tiempo.

Una de las principales responsabilidades de cualquier departamento de ingeniería industrial en una planta productiva es establecer y mantener estándares de tiempos, sin embargo, es también una de las tareas más problemáticas y complicadas con las que se enfrenta. Debido a que los estándares de tiempo proporcionan los datos básicos para controles de mano de obra, de costos estándares, de control de producción, de utilización de máquinas, de requerimientos de personal, de presupuestos y de incentivos salariales, es esencial que sean establecidos correcta y consistentemente. La mayor parte de las inconsistencias encontradas en los estándares son el resultado de mantenimientos pobres¹. Si se desea que los estándares sean correctos, deben ser continuamente revisados para actualizarlos

¹ Mundel, Marvin E. "Motion and time study (improving productivity). 6th. edition. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 752 pg.

a los cambios ocurridos por la utilización de nuevos métodos o por un cambio de condiciones en el lugar de trabajo.

Un nuevo estándar de tiempo debe ser creado cuando se introduce una nueva operación. Normalmente, las operaciones nuevas surgen cuando se introduce una nueva parte o un nuevo producto.

Antes que el nuevo artículo pueda ser manufacturado será necesario elaborar una hoja de proceso que incluya en términos sencillos la secuencia de las operaciones requeridas para elaborar la pieza. Esta hoja la deberá elaborar el departamento de ingeniería industrial en combinación con el de ingeniería del producto.

Esta hoja de proceso, una vez aprobada, deberá ser enviada al departamento de producción para que tengan conocimiento de las operaciones que deberán realizar para elaborar el nuevo producto.

El departamento de ingeniería industrial deberá estimar tiempos estándares probables de producción, por medio de pruebas en vacío, o bien por medio de un cálculo provisional empírico, en la inteligencia de que una vez puesto en marcha el nuevo proceso inmediatamente debe de procederse a realizar la toma de tiempos para el establecimiento del estándar correspondiente, según los principios establecidos en el capítulo 2 del presente trabajo.

Por otra parte, es indudable la importancia que tiene el establecimiento de procesos que aseguren el adecuado mantenimiento de los estándares de tiempo que ya hayan sido establecidos.

En los estándares existen tres tipos de cambios que ocurren frecuentemente²:

- a) Cambios en los métodos.
- b) Cambios en el proceso.
- c) Cambios en el diseño.

a) Cambios en los métodos. Normalmente, los cambios de métodos se refieren a todos aquellos cambios que ocurren en una operación, pero que no afectan el proceso básico de producción y que no son causados por cambios en los materiales o en las especificaciones. Estos incluyen cambios en el lugar de trabajo, cambios en el patrón de movimientos empleados o cambios menores en la herramienta de trabajo.

Este tipo de cambios son, por su naturaleza, los más difíciles de detectar y de controlar, aunque por otro lado, generalmente tienen importan-

² Barnes, Ralph M. "Motion and time study design and measurement of work". 7th. edition, John Wiley & sons. 689 pg.

tes repercusiones en el tiempo necesario para realizar la tarea.

A este respecto, uno de los problemas básicos se encuentra en el momento de determinar cuando ha cambiado un método. En operaciones altamente repetitivas de ciclos cortos, la eliminación o combinación de uno o varios movimientos, frecuentemente tendrá importantes efectos en el estándar de tiempo. Por esta razón, es de gran importancia describir lo más extensamente posible el método en el cual se determino el estándar.

Normalmente, el supervisor debe ser responsable de reportar cualquier cambio de esta índole al departamento de ingeniería industrial. En el momento en el cual se detecte la necesidad de un nuevo estándar de tiempo se debe analizar la operación para determinar el nuevo tiempo estándar de acuerdo a los principios establecidos en el capítulo 2 del presente trabajo.

b) Cambios en el proceso. Son aquellos que no requieren cambios en los diseños o en las especificaciones de material, pero que requieren de un cambio en su proceso de manufactura. Ejemplo típico de esta situación son los cambios de equipo y herramienta. Por ejemplo, una operación puede dejarse de elaborar en un torno manual para manufacturarse en un torno automático. La regla básica es que un cambio de este tipo requiere de revisión de la hoja de proceso pero no de los diseños o de las especificaciones del material.

c) Cambios en el diseño. La tercera razón más importante debido a la cual ocurren cambios en los estándares de tiempo es un cambio en el diseño. Los cambios en el diseño ocurren cuando se modifican las partes o materiales de una forma tal, que sea necesario redibujar los dibujos ingenieriles sobre dicho producto, o bien, modificar las especificaciones de los materiales.

Cualquier sistema de estándares está sujeto continuamente a presiones de personas que por alguna razón quieren debilitarlos. Esta presión frecuentemente es ejercida por la clase laboral, aunque en algunos casos la presión proviene de la gerencia. La presión de los obreros se manifiesta en múltiples formas, desde burlas en el estudio de tiempos, hasta paros y huelgas. La presión de la gerencia puede provenir de diferentes niveles, desde un supervisor al que le interesa que la gente a su cargo tenga estándares benévulos para poder hacer que los cumplan con más facilidad, hasta el presidente cuando se encuentre negociando con el sindicato acerca de una posible huelga ocasionada

por desacuerdos de los obreros con relación a los estándares de tiempo.

Cuando los estándares son calculados individualmente, siempre existirá algún tipo de presión, y frecuentemente, ya sea conciente o inconcientemente el ingeniero al sentir esta presión suele establecer estándares liberales, o a sobrevalorar métodos sencillos o incluso permitir elementos innecesarios o ineficientes en los métodos. En estos casos, no pasará mucho tiempo antes que la gerencia detecte excesivos costos de mano de obra.

Debido a que los estándares de tiempo son la parte fundamental del costo de mano de obra, es esencial que todos los estándares de tiempo sean autorizados por personal responsable, como el jefe de ingenieros industriales. Debe elaborarse una forma impresa especial para cada autorización, de este modo, se tendrá una eficiente herramienta de control.

En los casos de estándares recientemente determinados, el analista debe evitar pensar que el nuevo método será aceptado inmediatamente por los obreros, ya que la experiencia demuestra que con frecuencia existe una cierta oposición al cambio por parte de muchas personas³. Muchos operarios suelen realizar pequeños cambios por su cuenta, sin ponerse a pensar que esto podría ocasionar que el nuevo método no proporcione los resultados que de él se esperan.

El ingeniero debe permanecer cerca de los centros de trabajo durante todo el tiempo que dure la implementación del método, y debe asegurarse de que cada detalle se ponga en práctica según el plan presentado. También será su responsabilidad el cerciorarse de que los centros de trabajo cuenten con las maquinarias y las herramientas necesarias según las especificaciones presentadas en el plan del estudio.

Suele ser conveniente que el analista asesore por un tiempo razonable al operario que trabajará según el método para asegurarse que todo funciona según sus planes.

Existe una tendencia natural en los analistas a considerar terminado su trabajo al momento de determinar los estándares de tiempo, esto es absolutamente falso, puesto la fase de mantenimiento

³ Maynard, H. B. (editor in chief). "Industrial Engineering Handbook". 3rd. edition. Secc. 4 Ch. 5 "Administrative and control procedures" by William K. Hodson. McGraw-Hill Book Co

es fundamental⁴. La implantación de un método nunca se debe de considerar completa. Siempre será primordial el mantenimiento para estar seguro de que se sigue el método conforme a los propuestos, de que los estándares establecidos están siendo utilizados correctamente y que el nuevo método cuenta con el apoyo de la clase laboral y patronal. Un buen mantenimiento inevitablemente traerá como consecuencia un cúmulo de nuevas ideas y enfoques, que impulsarán el deseo de analizar cada método minuciosamente para vislumbrar posibles mejoras adicionales, a métodos de por sí mejorados.

Para mantener los estándares apropiadamente, el departamento de ingeniería industrial debe comparar periódicamente el método que el operario está utilizando con el método bajo el cual se estableció el estándar. Técnicamente, ambos métodos deberían de ser similares. Esta comparación puede realizarse fácilmente recurriendo al estudio original, donde debe de existir una descripción completa del método utilizado. Si esta investigación revela que el método ha sido cambiado en detrimento de la eficiencia, las razones de este cambio se deben de investigar de modo que se pueda implantar el mejor procedimiento. Si el método hubiera sido mejorado, la investigación debe determinar quién es el autor de dicha mejora, en caso de que lo sea el obrero, deberá ser recompensado vía un "plan de sugerencias" u otros medios análogos. Independientemente del origen de los cambios, éstos deben de estudiarse de nueva cuenta para introducir estándares actualizados.

La frecuencia de revisión debe determinarse al momento de establecer el estándar y será función del número de horas de aplicación del estándar en un año. H.B.Brandt⁵ diseñó la siguiente tabla empírica para determinar la frecuencia de la auditoría de los métodos y estándares:

Horas de aplicación del estándar en un año.	Frecuencia de la revisión.
0 - 10	Una vez cada 3 años.
10 - 50	Una vez cada 2 años.
50 - 600	Una vez por año.
Más de 600	Dos veces al año.

4 Holmes W.G. "Applied time and motion study", revised, Ronald Press, Co. New York, 1945. 383 pg.

5 Brandt H.B. "The scope of motion and time study in the Procter & Gamble industrial engineering department". Industrial Engineering. June 1972. Vol.9 No.6. Norcross Ga.

El mantenimiento vía revisión toma tiempo, y en consecuencia implica un costo para la empresa, sin embargo es necesario para evitar pagos excesivos o personal mal remunerado. Es deseable que el personal dedicado a estas actividades de revisión sea experimentado y calificado.

Para verificar los estándares, el ingeniero debe solicitar la cooperación de los supervisores, quienes, por el hecho de estar cerca de los obreros podrán detectar más fácilmente estándares particularmente estrechos u holgados.

Por otra parte, no sólo se debe seguir el método, sino que también conviene revisar las actuaciones del operario. Es altamente recomendable que se lleve a cabo un registro diario de las eficiencias individuales de los trabajadores. Las actuaciones se deben evaluar con las curvas de aprendizaje típicas para el tipo de trabajo. Si el operario no realiza el progreso previsto, se deberá hacer un cuidadoso estudio para descubrir qué dificultades imprevistas pudo haber encontrado.

Todo ingeniero industrial que trate de implementar un estudio de tiempos y movimientos debe tener la suprema noción de que está tratando con seres humanos y por lo tanto, debe tratar a la gente como tal. Debe ser humanitario, desde el punto de vista de la fijación del estándar como de la forma en que debe tratar a la gente que seguirá el nuevo método. Bajo ninguna circunstancia el ingeniero debe ser prepotente o cerrado al diálogo puesto que esto crearía una grave situación de tensión entre el departamento de ingeniería industrial y los obreros.

Al momento de implementar los estudios debe de informarse a los obreros por medio del sindicato acerca de los objetivos, métodos y alcances que se pretendan alcanzar con el estudio de tiempos y movimientos. En caso de que la actitud de los sindicatos hacia los estudios de tiempos y movimientos sea francamente hostil, debe buscarse el diálogo a toda costa para convencer a la clase obrera sobre las bondades y beneficios implicados en el sistema.

Es muy positivo que se elaboren gráficas mensuales acerca de los rendimientos alcanzados por cada centro de trabajo con el objeto que los obreros estén enterados de sus actuaciones. Estas gráficas deben colocarse en un lugar visible.

Cuando la oposición a la implantación de un método provenga de la cúpula gerencial, será muy importante que el departamento de ingeniería industrial emprenda una asidua labor de convencimiento, empleando argumentos sólidos. Dentro de éstos argu-

mentos puede mencionarse un estudio costo-beneficio. Este estudio consiste básicamente en una estimación del ahorro en costos esperado por concepto de una mayor eficiencia de mano de obra. Este ahorro estimado se compara contra el costo que tendrá implementar el estudio, en este costo suele incluirse los salarios de los ingenieros industriales que se avocarán a mejorar el método. Para que el plan sea rentable, el ahorro estimado debe ser mayor que el costo de implementación.

7.3 Implementación de un departamento de Ingeniería Industrial en una empresa.

En la actualidad existe una fuerte tendencia en la industria a implementar departamentos de ingeniería industrial, por lo que cada vez es más grande el número de compañías que deciden crear su propio departamento. A continuación se procederá a explicar los procedimientos básicos necesarios para su implementación.

En el momento en que la gerencia identifica la necesidad de crear un departamento de ingeniería industrial en su empresa, debe como primer paso tomar conciencia cabal de lo que esta decisión implica, para evitar dar marcha atrás y debe apoyar este nuevo departamento en lo económico y con recursos humanos.

El siguiente paso será el nombramiento de una persona encargada de organizarlo. En este punto es altamente recomendable que la persona avocada a esta tarea sea alguien con algún tipo de experiencia en materia de ingeniería industrial. Es indispensable que esta persona en algún punto de su trayectoria profesional haya sido parte integrante de algún departamento análogo al que se pretende crear. La experiencia demuestra que personas con conocimientos puramente teóricos suelen tener problemas para organizar y comandar departamentos incipientes.

Es muy importante que la persona designada para organizar el departamento sea también la avocada a comandarlo una vez que se encuentre funcionando, con el objeto de que exista continuidad y coherencia en el proyecto.

Una vez nombrado el nuevo jefe del departamento, debe procederse a hacer del conocimiento de todos los trabajadores la decisión de crear este

ó Salvendy, G. (editor) "Handbook of Industrial Engineering". Ch.1. "Performance measurement" by Thomas D. Wynegar. John Wiley & sons. New York, 1965.

departamento. La primera labor del jefe será realizar una labor de convencimiento con las autoridades sindicales de la planta.

Una vez que se han sentado las bases bajo las cuales operará el departamento, debe procederse a reclutar gente. Para segundos y terceros niveles forzosamente se debe de contratar ingenieros industriales, con el objeto de que cuenten con el criterio y el bagaje suficiente para hacer frente a las tareas a las cuales serán encomendados. Estos puestos suelen ser ideales para personas recién egresadas de la Universidad.

El jefe del departamento debe ser cuidadoso en su selección de personal, puesto que básicamente de ellos dependerá el posible éxito o fracaso de la labor encomendada.

Estas personas deben tener la suficiente autoridad para hacerse respetar, pero al mismo tiempo deben ser flexibles para no incurrir en excesivos autoritarismos. Su principal cualidad debe ser el buen criterio y la cordura en su conducta.

La cantidad de personas reclutadas dependerá del tamaño de la planta, así como de los alcances que se le pretendan dar al departamento.

En el proceso de selección de personal, se debe asegurar que los candidatos seleccionados tengan los conocimientos teóricos suficientes en materia de tiempos y movimientos. Es deseable que sólo sea necesario capacitar sobre las particularidades específicas que presentará la empresa durante los estudios.

Es necesario que las oficinas del departamento sean adyacentes a los centros de trabajo, puesto que básicamente el personal deberá estar en continuo contacto con los obreros.

Una vez que el jefe ha reclutado el personal que a su entender resulta idóneo para las necesidades de la planta, deberá notificar al sindicato el nombramiento de estas personas, y de ser posible, debe convocar a todos los trabajadores para hacerles una presentación formal del nuevo personal.

A continuación se procede a identificar aquellos centros de trabajo que requieran con más urgencia del estudio, o aquellos de los cuales se espere un mayor ahorro potencial. En base a esto, se debe elaborar una lista que clasifique los centros de trabajo en un orden descendente de prioridades para elaborar el plan de trabajo global del departamento.

La forma de trabajar debe ser por proyecto, esto es, que un mismo equipo de ingenieros se avoque al análisis íntegro cada centro de trabajo.

En base a esto, un mismo equipo realizará los diagramas de operación; el análisis de movimientos, el estudio de tiempos y el estudio de micromovimientos, si éste último es necesario. Esto con el objeto de que cada equipo logre una comprensión cabal de la problemática implicada en el centro de trabajo y tenga una responsabilidad total en los progresos o retrocesos que se experimenten en los métodos. La experiencia demuestra que no es recomendable tener especialistas en diagramas, o en micromovimientos, o en estudios de tiempos, etc., ya que esto conduce a una comprensión pobre de las necesidades de eficiencia del centro de trabajo⁷.

El jefe del departamento debe ser básicamente un asesor que determine las políticas fundamentales y sea el responsable ante la gerencia sobre la buena marcha del departamento. Será también responsabilidad suya la evaluación de cada proyecto emprendido tomando como base los resultados obtenidos en el centro de trabajo. Tendrá la obligación de elaborar informes periódicos para la gerencia en los que deberá dar a conocer los logros alcanzados por su departamento.

Cualquier inconformidad de los obreros con algún asunto relativo a los estándares será directamente de su competencia.

Es muy importante este departamento tenga buenas relaciones con el departamento de producción, puesto que es fundamental una estrecha colaboración y una buena comunicación entre ambos entes del sistema productivo. La gerencia debe estar muy pendiente sobre este particular, puesto que un antagonismo entre ambos traería consecuencias desastrosas. Suele suceder que un departamento intente obstaculizar la labor de otro, en detrimento de la buena marcha del negocio.

En muchas empresas el jefe del departamento del ingeniería industrial es jerárquicamente superior al director de producción, esto es recomendable, aunque no siempre es posible de realizarse, ya que el jefe de producción se opondrá a que una gente recién ingresada a la organización se interponga entre él y la dirección general.

La experiencia demuestra que con frecuencia lo más conveniente es situar a ambos directores en un puesto jerárquicamente equivalente y dependiendo únicamente del director general.

Se deben diseñar formas impresas para llevar los controles, de cada centro de trabajo y de cada obrero en lo referente a actuaciones, estándares

⁷ Niebel B.W. "Motion and time study". 6th.edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill., 1976: 719 pg.

res, diagramas, incentivos, etc. Los archivos de estos documentos deben de controlarse en este departamento.

Semanalmente, el departamento de ingeniería industrial debe turnar un oficio al departamento de personal, donde se incluya el desglose de las remuneraciones alcanzadas por cada operario como compensación al rendimiento realizado en el periodo. La medición de estos rendimientos las debe realizar el personal del departamento de ingeniería industrial, ayudándose de los supervisores. Esta medición se realiza fácilmente si se tiene un control de las piezas elaboradas. Este control puede llevarse a cabo mediante unas cajas ubicadas en el centro de trabajo, donde el operario almacene las piezas que elabore, o bien mediante la entrega física de lotes de producción a los supervisores respectivos, o por observaciones del supervisor. La forma de medir el trabajo dependerá de la índole del trabajo que se esté estudiando.

Una de las principales consignas del departamento es la de tratar de estandarizar la mayor parte de las operaciones que tengan lugar en la planta, o en caso de incentivos, tratar de hacer extensivo este plan al mayor número de gentes.

En muchas empresas, el mantenimiento de las máquinas depende también del departamento de ingeniería industrial, esto también es válido y no interfiere en forma alguna con las labores esenciales del departamento.

Cuando la gerencia decida modificar los sistemas de remuneración, o implantar un plan de incentivos, invariablemente deberá encomendar la tarea de implementarlos al departamento de ingeniería industrial.

En los casos en que se decida implementar un departamento de ingeniería industrial en una empresa recién creada, será también su responsabilidad diseñar la distribución de planta, y los sistemas de remuneración, así como la macro y micro localizaciones de la planta. La macrolocalización es la determinación de la zona industrial donde se ubicará una planta tomando en cuenta un área muy grande como un país. La microlocalización implica áreas más pequeñas, como una ciudad.

Un departamento ingeniería industrial no es ajeno a posibles deshonestidades de su personal, sobre todo en los momentos de evaluar las actuaciones individuales donde podría coludirse con algún trabajador. El jefe siempre deberá estar atento para detectar remuneraciones inusualmente altas.

Podemos darnos cuenta que un departamento de ingeniería industrial es algo sumamente útil que

evidentemente arrojará resultados altamente positivos para las empresas que apoyen esta idea.

Definitivamente que existe una tendencia irreversible tendiente a la popularización de los estudios de tiempos y movimientos por lo que las empresas que implementen este tipo de departamentos estarán dando un paso importantísimo en el incremento de la productividad global del sistema.

7.4. Recomendaciones adicionales.

A continuación se mencionan algunas recomendaciones que empresas íntimamente relacionadas con la ingeniería industrial han expuesto como resultado de sus experiencias.

La idiosincracia del mexicano hace un poco más ardua la labor del analista de tiempos y movimientos, puesto que en ocasiones el trabajador suele ser receloso y desconfiado, por lo que tiene una importancia vital el lograr ganarse la confianza de los trabajadores. Debe tratar de erradicarse la idea de que los analistas están del lado del patrón. Será necesario convencerles que los estudios de tiempos y movimientos tratan de alcanzar una remuneración justa para ambas partes.

Asimismo, la gerencia debe otorgar una autonomía total a su departamento de ingeniería industrial, puesto que si trata de valerse de él para defender intereses patronales o para manipular a su conveniencia a los obreros, definitivamente que se creará una situación de tensión muy grave dentro de la empresa y los estudios de tiempos y movimientos perderán credibilidad y hasta serán rechazados en forma unánime por la clase laboral.

En empresas en las que los sindicatos son fuertes y poderosos, resulta extremadamente inconveniente llevar los estándares expresados cuantitativamente a formar parte de los contratos colectivos de trabajo, puesto que puede suceder que si por algún motivo cambian las condiciones de trabajo de una forma tal, que la producción individual de un operario se vea incrementada de manera sensible, la empresa se verá obligada a remunerar en exceso al operario, puesto que éste con un esfuerzo normal obtendrá una producción muy por encima del estándar dada su maquinaria más sofisticada.

En estos casos se recomienda que el contrato colectivo incluya una cláusula similar a esta:

"La forma de determinar la cantidad de trabajo normal que un operario debe realizar durante su jornada de trabajo será por medio de estándares determinados a base de estudios de tiempos y

3movimientos. Estos estándares serán calculados por el departamento de ingeniería industrial de la empresa y podrán cambiar en cualquier momento si las condiciones o métodos de trabajo son diferentes a aquellos bajo las cuales fueron originalmente calculados."

De este modo, la empresa quedará protegida contra estándares obsoletos.

La gerencia debe ser paciente puesto que los resultados de los estudios de tiempo y movimientos, generalmente se obtienen a largo plazo. No se debe esperar incrementos instantáneos o espectaculares de la productividad, sino pequeños y continuos incrementos. Una vez que la empresa decida implementarlos debe adoptar una actitud de apoyo y comprensión.

Al momento de implantar los estudios, siempre existirá algún tipo de oposición proveniente de segmentos aislados del aparato productivo. Se debe en primer término utilizar el diálogo para convencerlos de las ventajas de los estudios de tiempos y movimientos. Nunca será conveniente imponerlo sin antes realizar labor de convencimiento.

Se debe estar atento contra operarios que premeditadamente actuaron por debajo de su nivel normal con el objeto de obtener estándares holgados. Esto es fácilmente detectable si se revisa continuamente la nómina semanal para buscar remuneraciones excesivamente altas, o si se observase operarios perezosos que reciben un salario normal.

Evidentemente que un departamento de ingeniería industrial resulta caro para una empresa, puesto que su personal debe ser altamente calificado, pero definitivamente que vale la pena tenerlo, ya que son mínimas las empresas que una vez implementado deciden eliminarlo por incosteable, de hecho, en México son extremadamente raras las que lo han suprimido.

Por otro lado, cada vez es más urgente una mayor eficiencia en la industria, dado las constantes aperturas a mercados internacionales.

No debe olvidarse, que países con una industria no muy automatizada como México, la posibilidad de obtener incrementos de productividad en la mano de obra resulta vital y debe representar un objetivo prioritario de la industria nacional.

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

CAPITULO 7:
"IMPLEMENTACION DE LOS ESTUDIOS"

1 Mundel, Marvin E. "Motion and time study (improving productivity)". 6th.edition. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 752 pg.

2 Barnes, Ralph M. "Motion and time study design and measurement of work". 7th.edition, John Wiley & sons.689 pg.

3 Maynard, H.B. (editor in chief). "Industrial Engineering Handbook". 3rd.edition. Secc.4 Ch.5 "Administrative and control procedures" by William K. Hodson. McGraw-Hill Book Co

4 Holmes W.G. "Applied time and motion study", revised, Ronald Press, Co. New York, 1945. 383 pg.

5 Brandt H.B. "The scope of motion and time study in the Procter & Gamble industrial engineering department". Industrial Engineering. June 1972. Vol.9 No.6. Norcross Ga.

6 Salvendy, G. (editor) "Handbook of Industrial Engineering". Ch.1. "Performance measurement" by Thomas D. Wynegar. John Wiley & sons. New York, 1965.

7 Niebel B.W. "Motion and time study". 6th.edition. Richard D. Irwin. Homewood Ill.. 1976. 719 pg.

Parte 2



Laboratorio

PARTE II: LABORATORIO

I N D I C E:

PRACTICA # 1	216
PRACTICA # 2	217
PRACTICA # 3	219
PRACTICA # 4	220
PRACTICA # 5	221
PRACTICA # 6	222
PRACTICA # 7	224
PRACTICA # 8	226
PRACTICA # 9	227
PRACTICA # 10	230
PRACTICA # 11	232
PRACTICA # 12	234
PRACTICA # 13	235
PRACTICA # 14	237
PRACTICA # 15	239
PRACTICA # 16	240
PRACTICA # 17	241
PRACTICA # 18	242
PRACTICA # 19	243
PRACTICA # 20	244
PRACTICA # 21	245
PRACTICA # 22	246
PRACTICA # 23	247
PRACTICA # 24	248
PRACTICA # 25	249
PRACTICA # 26	250
PRACTICA # 27	251
PRACTICA # 28	252
PRACTICA # 29	253

P R A C T I C A # 1

Tema: Diagrama de operaciones de proceso.
Referencia: Capítulo 3.

El Sr. Gomez decide prepararse un sandwich de pan blanco tostado que contendrá: jamón, aguacate, jitomate, chile, mayonesa, queso amarillo americano y cebolla. Este sandwich será preparado por el Sr. Gomez en la cocina de su casa, a sabiendas que el pan blanco, la mayonesa y el tostador se encuentran en la alacena, mientras que el resto de los ingredientes se localizan en el refrigerador. Se tendrán que partir rebanadas de todos ellos, a excepción del jamón y del queso amarillo americano que ya vienen en rebanadas del expendio.

Elabórese un diagrama de operaciones de proceso para las maniobras que emprenderá el Sr. Gómez, en la inteligencia de que nadie lo ayudará a elaborar su sandwich, y que éste será elaborado a un ritmo normal. La secuencia para agregar cada ingrediente puede ser arbitraria, a excepción de la mayonesa que deberá ser untada en primer término a los panes.

No debe incluirse en el diagrama las labores de limpieza de utensilios, de regreso de los ingredientes al refrigerador o a la alacena, ni la ingestión del bocado.

Este diagrama debe contar con por lo menos 20 eventos entre inspecciones y operaciones.

PRACTICA # 2

Tema: Diagrama de operaciones de proceso.
Referencia: Capítulo 3.

El trigo de temporal es sembrado al final del mes de diciembre en la región del centro y noroeste del país, donde el clima es idóneo para esta siembra. Aproximadamente cinco meses después de sembrado, el trigo se encuentra ya listo para ser cosechado, puesto que ha alcanzado su madurez y completo desarrollo.

La cosecha se realiza por medio de máquinas trilladoras que separan el grano de la espiga, y lo depositan en compartimientos anexos a la máquina. Una vez que estos compartimientos se llenan, se procede a llevar estos granos a un depósito, donde por medio de máquinas impulsoras conocidas como "bazookas", se cargan los camiones o furgones de ferrocarril con el grano.

Por lo general, el destino de estos camiones o furgones son los molinos de trigo, donde al llegar, se procede a obtener una muestra del embarque. Esta muestra es llevada al laboratorio interno del molino para determinar la humedad, el peso específico, las impurezas y el gluten que el trigo trae consigo. El gluten es la capacidad que tendrá la harina obtenida para panificarse.

Si la muestra es aprobada por los laboratoristas del molino, se procede a obtener el peso bruto de la remesa por medio de una báscula diseñada específicamente para ello. El peso bruto es igual al peso del camión o furgón más el peso del trigo que trae consigo.

Una vez que se encuentra pesado el embarque, éste se dirige a la tolva de desfogue, donde será descargado el trigo, ya sea por medio de rampas hidráulicas o bien, por medio de palas mecánicas.

Cuando el trigo ha sido descargado, el camión debe dirigirse otra vez a la báscula para obtener el peso de la "tara". El peso bruto menos la tara será equivalente a la cantidad de grano recibido.

Una vez que el trigo entra al molino via la tolva de desfogue, se procede a limpiarlo por medio de centrifugadores, mallas, láminas con orificios ovales (crinas), e imanes, en este orden.

La limpieza debe realizarse lo más concienzudamente posible para evitar una posible con-

taminación en el producto terminado que es la harina.

Una vez que el grano se encuentra limpio, se procede a molerlo por medio de bancos con rodillos metálicos de movimiento contrario. El número de bancos depende del diseño de éstos y de la cantidad de harina que se desee obtener. Generalmente este número oscila entre 8 y 12 bancos por molino. Obviamente, el primer banco molerá trigo entero, el segundo molerá pedacitos más pequeños y así sucesivamente hasta llegar al último banco que molerá las pequeñas partículas que forman la harina.

Como último paso, se procede a envasar la harina en costales de 44 kg.

Elabórese un diagrama de operaciones de proceso que muestre todas las operaciones a las que es sometido el trigo, desde que es sembrado, hasta que es harina encostalada.

Asúmase que el molino en cuestión posee 10 bancos. Este diagrama debe contener al menos 20 eventos.

PRACTICA # 3

Tema: Diagrama de proceso de operaciones.
Referencia: Capitulo 3.

Elabórese un diagrama de proceso de operaciones para una persona que acaba de despertarse por la mañana y que tendrá como primera actividad del día, una afeitada para continuar con un rápido duchazo y proceder posteriormente a vestirse, bajo las siguientes premisas:

a) Se afeitará con rastrillo, y las hojas de rasurar deberán limpiarse antes y después de la afeitada.

b) Se afeitará en el lavabo, no en la regadera.

c) Su duchazo consistirá en una pequeña enjabonada y una aplicación de shampoo.

d) No tendrá necesidad de encender ningún calentador. Tendrá agua caliente a su disposición desde el primer instante.

e) Su vestimenta exterior consistirá en saco, pantalón, camisa, corbata, calcetines y zapatos.

f) La camisa no será de mancuernillas.

g) Será necesario hacerle nudo a su corbata.

h) Toda su ropa se encuentra guardada en un closet contiguo al baño y a la recámara.

i) Sus zapatos son de cordones, por lo que deberán atarse previamente a su uso.

j) No se deben de incluir labores de doblado de ropa o de secado de baño.

k) El diagrama debe incluir al menos 30 eventos entre operaciones e inspecciones.

P R A C T I C A # 4

Tema: Diagrama de operaciones de proceso.
Referencia: Capitulo 3.

Siguiendo fielmente las siguientes instrucciones elabórense unos Hot cakes y cronómetrese los tiempos necesarios para cada operación. Posteriormente, dibújese un diagrama de operaciones de proceso que incluya tiempos y que contenga al menos 20 eventos.

Ingredientes:

- a) 140 gr de harina preparada para Hot cakes.
- b) 3/4 de taza de leche.
- c) 1 huevo.
- d) 1 cucharada de mantequilla o margarina.

Instrucciones:

- I) Derretir con calor la mantequilla o margarina.
- II) Mezclar todos los ingredientes.
- III) Batir hasta que toda la masa adquiera homogeneidad, esto es, hasta que desaparezcan los grumos.
- IV) Deje reposar la mezcla unos minutos hasta que espese.
- V) Viértase la mezcla sobre un sartén o parrilla caliente y ligeramente engrasada con mantequilla o margarina en la cantidad adecuada para preparar un hot cake.
- VI) Voltee el hot cake una sola vez; el momento oportuno será cuando la superficie esté llena de burbujas y las orillas se encuentren bien cocidas.

PRACTICA # 5

Tema: Diagrama de flujo de proceso.
Referencia: Capitulo 3.

Una de las operaciones más comunes entre los automovilistas es aquella que concierne al cambio de un neumático averiado, utilizando un gato hidráulico y colocando en su lugar la llanta de refacción.

En la presente práctica se deberá realizar esta operación conocida comunmente como "talacha".

Es deseable que esta práctica se realice en grupo, de tal suerte, que mientras un compañero efectúa la talacha, el resto recopila la información necesaria para elaborar un diagrama de flujo de proceso para esta operación.

El diagrama debe comenzar desde el momento en que el operario detecta la necesidad del cambio de neumático, por lo que deberá incluir todas los eventos, desde sacar el gato hidráulico, hasta guardar la herramienta.

Este diagrama debe contener al menos 30 eventos con sus tiempos respectivos. Es muy importante que las anotaciones sean individuales con el objeto de que exista una mayor aportación de ideas de cada individuo.

Una vez realizada la práctica, deberán compararse todos los diagramas con el objeto de detectar todas las operaciones innecesarias en que se incurrió y se deberá elaborar un diagrama de método mejorado.

Tema: Diagrama de flujo de proceso.
Referencia: Capítulo 3.

En las grandes fábricas, donde los trabajos de esmerilado y pulido son muy importantes, se acostumbra reparar en ellas mismas las muelas desgastadas por el uso recubriéndolas de esmeril, de manera que en todo momento exista un buen número de ellas de repuesto. (Fig. 8-1). Las ruedas de esmeril se componen de capas superpuestas y su peso medio es de unos 18 kg. Su diámetro varía entre 45 y 61 cm. y su anchura de cara oscila entre los 7.6 y 12.7 cm. El desarrollo del cilindro va cubierto de cola y polvo de esmeril. Después de aplicar la primera capa de cola se le deja secar durante media hora antes de aplicar la segunda mano. La temperatura ambiente de la habitación donde se reparan las ruedas debe estar comprendida entre 26 y 32°C, manteniendo el grado de humedad bajo control.

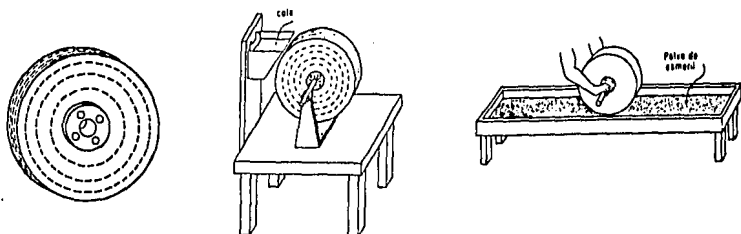


FIG. 8-1, 8-2 y 8-3.

El método consiste en darle una capa de cola a la rueda gastada (figura 8-2) y luego hacerla girar a mano sobre un pequeño depósito de poco fondo, lleno de polvo de esmeril, hasta recubrirla (figura 8-3). Una vez seca la cola, se aplica una segunda mano de cola y polvo de esmeril, siguiendo el mismo procedimiento. A continuación se llevan las ruedas a una estufa, donde se cuelgan convenientemente hasta que la cola seque por completo.

a) Elaborar un diagrama de flujo de proceso para esta operación, que contenga al menos 20 eventos.

b) Supóngase que el departamento de ingeniería industrial de la planta diseña un nuevo mecanismo para esta operación. Este es mostrado en la figura 8-4, en la que la muela A se coloca sobre el eje B, solidario de la palanca C. Moviendo ésta hacia la derecha, la muela queda en contacto con el rodillo D, que la impregna de cola. Girándola después hacia la izquierda, queda en contacto con el rodillo E, que la recubre de una capa de esmeril en polvo, pudiendo regularse la cantidad de éste que llega al rodillo por mediación de la palanca F. Los rodillos D y E están accionados por motor.

Elabórese un diagrama de flujo de proceso para la operación de esmerilado con este nuevo mecanismo.

c) Compárense los diagramas elaborados en los incisos a y b, y evalúese la economía de tiempo y de operaciones.

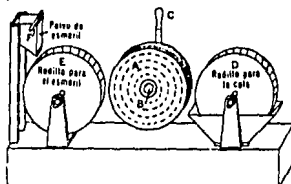


FIG. 8-4.

Tema: Diagrama de flujo de proceso.
Referencia: Capítulo 3.

A continuación se mencionará el proceso que se sigue en una cierta compañía para vender los productos que la fábrica elabora.

Como primer paso la secretaria recibe telefónicamente los datos del cliente que desea la mercancía, así como la cantidad de ésta que requiere, para este fin llena una forma impresa especial para pedidos en los cuales recibe la información necesaria.

Una vez que tiene el pedido completo lo turna al departamento de crédito y cobranza, en donde se verifica la morosidad del cliente, así como su volumen promedio de compra anual, su saldo actual y otros datos con el objeto de determinar la viabilidad de la venta y las condiciones en que ha de efectuarse ésta. Cuando se obtiene esta verificación, se estampa en el pedido un sello con la leyenda "revisado por crédito y cobranza".

Una vez determinadas las condiciones de pago para este cliente, el departamento de crédito y cobranza, lo turna al departamento de producción, para determinar si se cuenta con los productos solicitados en inventario, o en su caso, en proceso de producción, en caso negativo se analiza cuanto tiempo tomará producirlos, o bien, se determina la factibilidad de hacerlo.

El gerente de producción anota en un casillero especial el tiempo de entrega estimado para dicho pedido.

A continuación el pedido se turna al departamento de ventas, donde como primer paso se notifica telefónicamente al cliente acerca de las condiciones de pago y del plazo de entrega para su pedido. Si el cliente acepta estas condiciones se procede a elaborar una factura que ampare la mercancía por remitir.

En esta factura se toman como datos básicos los proporcionados por el cliente en la forma impresa de pedido.

Posteriormente, se turna al departamento de transportes, donde se emite una solicitud de mercancía al departamento de producción por una cantidad de producto equivalente a la cantidad facturada.

En este momento, existe una demora de tiempo igual al tiempo que tarda producción en entregar la mercancía solicitada.

Cuando llega la mercancía solicitada, se procede a embarcar por vía terrestre.

Al momento de recibir la mercancía, el cliente firma la factura original y le estampa un sello con la leyenda de "recibido".

Al cumplirse el plazo de crédito estipulado en la factura, se procede a enviar un agente de cobranza que al recibir el dinero lo reportará al departamento de crédito y cobranza, para que al momento de recibir el dinero estampen en la factura un sello con la leyenda de "pagado".

Con esto se da por terminado el proceso normal de compra-venta.

1) Elabórese un diagrama de flujo de proceso para representar todos los pasos necesarios para llevar a cabo una venta en el método actual.

2) Mejórese el método de venta con objeto de simplificarlo y elabórese el diagrama de flujo de proceso para este nuevo método y evalúense los ahorros de operaciones.

P R A C T I C A # 8

Tema: Diagrama de flujo de proceso global.
Referencia: Capítulo 3.

Con el objeto de poder percibir la gran información y de los muchos detalles que nos revela un diagrama de flujo de proceso global, elabora éste último para la operación de elaborar un sandwich tal como fue descrita en la práctica # 1.

Es deseable que la secuencia de las operaciones sea la misma que las descritas en el diagrama de operaciones de proceso elaborado en la práctica # 1, para así poder evaluar la información adicional que nos proporciona un diagrama de flujo de proceso global, comparativamente con el diagrama de operaciones de proceso. Evidentemente que la información que éste último proporciona es más pobre y menos detallada.

El diagrama de flujo de proceso global debe contar con por lo menos 40 eventos.

PRACTICA # 9

Tema: Diagrama de recorrido de actividades.
Referencia: Capitulo 3.

La figura B-5 representa el vestíbulo y el baño anexo de la casa del Sr. Gomez, quien se acaba de cambiar de casa y se dispone a acomodar su ropa y sus pertenencias personales en los closets destinados para ello.

Sin embargo, desea encontrar la forma óptima para acomodar sus pertenencias, de tal suerte que por las mañanas al realizar su rutina diaria recorra la menor distancia posible.

Pero existe el inconveniente de que cada closet tiene una capacidad limitada dada y el Sr. Gomez no desea mezclar en un mismo closet dos tipos diferentes de prendas u objetos.

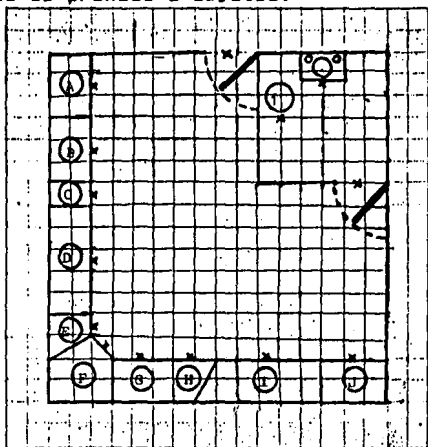


FIG. 8-5

Con el objeto de elaborar el presente diagrama, a continuación se enuncia la rutina diaria del Sr. Gomez:

1.- Ir por objetos de aseo (cepillo, pasta de dientes, peine).

2.- Lavado de dientes y peinarse en el lavabo del baño.

3.- Depositar pijama en bote "1" de ropa sucia.

4.- Ir por ropa interior.

5.- Ir por los calcetines.

6.- Ir por los pantalones.

7.- Ir por la camisa.

8.- Ir por las mancuernillas.

9.- Ir por la corbata.

10.- Ir por los zapatos.

11.- Ir por el sombrero.

Como se mencionó anteriormente las letras encerradas en círculos en la figura 8-5 representan los closets disponibles y en la lista siguiente se enuncia la capacidad de cada uno en m³:

Closet.	Cap. (m ³)	Closet.	Cap. (m ³)
" A "	3.15	" F "	3.9375
" B "	3.15	" G "	2.4150
" C "	1.05	" H "	1.575
" D "	5.25	" I "	5.775
" E "	1.575	" J "	3.15

Se supone que en cuanto el Sr. Gomez decida la distribución idónea de sus prendas, mandará construir los anaqueles y dispositivos ideales, y que esto no disminuirá en forma significativa la capacidad global de almacenaje.

Por otro lado, se ha hecho un estimado del espacio que ocupan sus prendas incluyendo sus ganchos o cajones.

Prenda.	Espacio necesario (m ³)
Ropa interior	1.5
Calcetines	1.2
Pantalones	5.0
Camisas	5.0
Mancuernillas, cinturones, etc.	2.0
Corbatas	1.0
Sombreros	2.0
Objetos de aseo	0.8

Debido a que el Sr. Gomez tiene capacidad de sobra en su vestidor, a él no le importará dejar

capacidad ociosa en algún closet, o incluso dejar algunos desocupados.

Los zapatos pueden acomodarse en la parte inferior del closet donde se acomodan los pantalones, por lo que no se necesita asignárseles ningún espacio.

1) Elabórese un diagrama de recorrido de actividades para las actividades matinales del Sr. Gomez, asignando lo más apropiadamente los closets para cada prenda y evalúese la distancia total que recorrerá diariamente, tomando en cuenta que la escala utilizada en la figura 8-5, es de 1 cm = 1 metro. Obviamente debe tratarse de minimizar la distancia que Gomez recorrerá diariamente.

Para computar las distancias de un punto a otro debe tomarse como puntos de llegadas y salidas los marcados con una "x" pequeña a la entrada de cada closet y de cada recinto.

Al obtener las distancias deben de considerarse trayectorias de línea recta, pero evitando cruzar con líneas continuas que representan paredes.

2) Compárese el diagrama propio con el de los demás compañeros para identificar quién obtuvo el recorrido matinal más corto.

P R A C T I C A # 10

Tema: Diagrama de recorrido de actividades.
Referencia: Capítulo 3.

En la rectoría de la Universidad Anáhuac se han expedido una serie de circulares que deberán ser entregadas por el mensajero de la universidad a la mayor brevedad posible. Estas misivas van dirigidas a:

- 1) Sr. Director de la facultad de Ingeniería.
- 2) Sr. Director de la facultad de Derecho.
- 3) Sr. Director de la facultad de Medicina.
- 4) Sr. Director de la facultad de Administración.
- 5) Sr. Director de la facultad de Psicología.
- 6) Sr. Director de la facultad de Arquitectura.
- 7) Sr. Prof. " X ", cuyo cubículo se encuentra ubicado en el 4to piso del laboratorio de ingeniería.
- 8) Sr. Jefe del laboratorio de mecánica de fluidos.
- 9) Sr. Jefe del laboratorio de electricidad y magnetismo. (3er piso del laboratorio de ingeniería.)
- 10) Sr. Jefe del taller mecánico.
- 11) Encargado(a) de la hemeroteca.
- 12) Encargado de la copiadora.

Además de estos mensajes, existe uno dirigido a la biblioteca con carácter de extra-urgente, por lo que deberá ser entregado inmediatamente, debido a esto, el mensajero forzosamente deberá dirigirse a la biblioteca en primer término.

En las direcciones de las facultades deberá recaudar la firma del director de ésta, y posteriormente regresar las circulares firmadas a la rectoría, por lo que ésta debe ser el último punto del recorrido. Debe asumirse que en cada facultad logra obtener la firma de los directores.

En la facultad de Ingeniería le será entregado un paquete de 15 kg. para el Sr. Profesor "X", por lo que deberá de tratarse de minimizar la distancia que el mensajero recorrerá con esta carga.

En el taller mecánico perderá el mensajero 20 minutos, ya que tiene la encomienda de maquinarse una pequeña pieza por encargo de la rectoría, además de la circular que tiene que entregarle al jefe del taller.

1) Elabora un diagrama de recorrido de actividades sobre un croquis del campus de la Universidad Anáhuac, que incluya distancias entre los diversos recintos, con el objeto de poder ayudar a Juanito, el mensajero de la universidad, a encontrar la ruta óptima que deberá seguir dadas las restricciones anteriormente citadas, de tal forma que recorra un mínimo de distancia, pero efectuando las operaciones solicitadas.

2) Si consideramos que Juanito camina a un paso promedio de 10 km/hr y de que le toma un tiempo promedio de 10 min. por cada lugar que visita, calcula el tiempo estimado en el que estará de regreso en rectoría.

3) Compara tu diagrama con el de tus demás compañeros con el objeto de averiguar quién obtuvo el menor tiempo de recorrido.

P R A C T I C A # 11

Tema: Diagrama de proceso hombre-máquina.
Referencia: Capítulo 3.

En un céntrico restaurant de la ciudad de México, en el cual se sirven cientos de desayunos al día, se detectó la necesidad de eficientar las operaciones del personal de la cocina.

Uno de los desayunos más solicitados por la clientela del lugar es el de los llamados "huevos estrellados" o huevos fritos, por lo que el jefe de los cocineros del lugar nos pide ayuda para lograr que en cada estufa de cuatro quemadores se puedan elaborar cuatro huevos estrellados simultáneamente por un solo cocinero, en la inteligencia de que el procedimiento utilizado para elaborar dicho platillo con sus tiempos respectivos es el siguiente:

Operacion.	Tiempo.
1.- Poner aceite al sartén.	5 seg.
2.- Dejar calentar el sartén.	30 seg.
3.- Sacar huevo de la alacena.	4 seg.
4.- Romper huevo con la orilla del sartén y vertirlo en éste.	8 seg.
5.- Dejar freir el huevo en el sartén.	90 seg.
6.- Con pala plástica o de teflón remover el huevo del sartén y depositarlo en plato para ser servido.	6 seg.

Es importante señalar que las operaciones de encendido de la estufa y la de colocación del sartén sobre la parrilla se realizan exclusivamente al principio de la jornada, por lo que no debe considerarse como parte integrante del ciclo.

Puede considerarse tiempo muerto las actividades 2 y 5, puesto que los cocineros no realizan ninguna operación sobre el platillo.

1) Elabora un diagrama de proceso hombre-máquina para la operación de elaborar cuatro huevos estrellados simultáneamente en una estufa de cuatro quemadores.

2) Una vez que se ha elaborado el diagrama trata de llevar a cabo las operaciones de freimiento simultáneo en una estufa de cuatro quemadores, cronometrando sus tiempos respectivos y realiza las correcciones pertinentes al diagrama con objeto de perfeccionarlo.

3) Compra una carne circular especial para hacer hamburguesas y friela, tomando los tiempos y operaciones necesarias para hacerlo, con el objeto de posteriormente calcular con estos datos, cuántas carnes para hamburguesa puede asar un solo cocinero en una parrilla suficientemente grande.

4) Elabora un diagrama hombre-máquina para justificar la cantidad de carnes asadas para hamburguesa que puede elaborar cada cocinero. En este diagrama es importante considerar las ocasiones periódicas en que será necesario voltear el lado de la carne que se encuentre expuesta al fuego.

P R A C T I C A # 12

Tema: Diagrama de proceso hombre-máquina y Diagrama de barras o de Gantt.

Referencia: Capítulo 3.

En un centro de copiado se tienen 4 copiadoras y se quiere determinar cuántos empleados se necesitará tener, ya que el dueño piensa que cada empleado puede manejar más de una copiadora.

El ciclo normal para sacar una copia, con sus tiempos respectivos es el siguiente:

Operacion.	Tiempo.
1.- Tomar la hoja por copiar.	2 seg.
2.- Levantar la tapa de la copiadora.	3 seg.
3.- Colocar hoja sobre la copiadora.	4 seg.
4.- Oprimir botón de arranque.	1 seg.
5.- Esperar el copiado.	25 seg.
6.- Levantar la tapa de la copiadora.	3 seg.
7.- Remover hoja de la copiadora.	2 seg.

Las operaciones de encendido de la máquina se realizan sólo una vez durante la jornada laboral, por lo que no forman parte del ciclo rutinario.

La operación número 5 debe considerarse como tiempo muerto, puesto que el empleado no realiza ninguna actividad sobre la copia.

La actividad de cobro la realiza otro empleado, por lo que no interfiere para nada con el proceso de copiado.

1) Elabora un diagrama de barras o de Gantt para averiguar cuántas copiadoras podrá manejar un sólo empleado, con la restricción de que ninguna copiadora podrá quedar ociosa en momento alguno.

2) Si se ha estimado que cada minuto que la máquina permanezca ociosa le cuesta al dueño \$3.47 pesos, evalúa con la ayuda de un diagrama de proceso hombre-máquina, si le conviene asignar al dueño del centro de copiado una máquina extra a un mismo operario, aunque esto implique tener parada alguna copiadora por una fracción de tiempo de cada ciclo, sabiendo que con esto el centro de copiado se ahorraría el salario de otro operario que es de \$2,680 pesos por una jornada de ocho horas. En todos los casos debe asumirse que los empleados copiadores tienen trabajo continuo.

P R A C T I C A # 13

Tema: Diagrama de proceso hombre-máquina para grupo.

Referencia: Capítulo 3.

En las carreras de automóviles es importantísimo el momento en el cual el auto va a los pits, o estaciones de servicio adyacentes a la pista, con el objeto de cambiar sus neumáticos desgastados por el devenir de la carrera, o para reabastecerse de gasolina, o bien, para cambiar el aceite lubricante para el óptimo funcionamiento del motor.

Esta situación es ideal para elaborar un diagrama de proceso hombre-máquina para cuadrilla, siendo ésta los mecánicos encargados de realizar las labores antes mencionadas.

En una parada típica en los pits intervienen seis mecánicos, cuatro de ellos avocados a cambiar los neumáticos, otro abasteciendo de combustible al bólido y el restante dedicado a cambiar el aceite lubricante para el motor.

El proceso, con sus tiempos respectivos, para cambiar una llanta de un vehículo de carreras es el siguiente:

Operación.	Tiempo.
1.- Montar gato hidráulico en el eje respectivo.	10 seg.
2.- Desmontar con la ayuda de una pistola neumática, las seis tuercas que soportan la llanta.	18 seg.
3.- Desmontar la llanta.	3 seg.
4.- Aventar la llanta usada a 5 m. de distancia.	2 seg.
5.- Levantar el neumático nuevo y montarlo en el auto.	5 seg.
6.- Atornillar con la ayuda de la pistola neumática, las seis tuercas que sujetan la llanta.	19 seg.
7.- Desmontar el gato hidráulico.	9 seg.

Por otro lado, el proceso para abastecer de combustible a la unidad es el siguiente:

Operación.	Tiempo.
1.- Remover el tapón del tanque.	4 seg.
2.- Introducir la bomba de gasolina.	2 seg.

- 3.- Abastecer de combustible la unidad. 20 seg.
- 4.- Remover la manguera de la bomba de gasolina. 3 seg.
- 5.- Montar el tapón del tanque de gasolina. 6 seg.

Las operaciones necesarias para cambiar el aceite lubricante del motor, con sus tiempos respectivos son las siguientes:

Operación.	Tiempo.
1.- Poner debajo del carter del motor un recipiente para recoger el aceite usado.	4 seg.
2.- Abrir compuerta inferior para el desagüe del aceite.	3 seg.
3.- Esperar la total evacuación del aceite.	15 seg.
4.- Cerrar compuerta inferior de desagüe.	2 seg.
5.- Abrir tapón de tanque de aceite.	3 seg.
6.- Vaciar recipiente con aceite en el tanque.	13 seg.
7.- Colocar tapón del tanque de aceite.	4 seg.

1) Elabora un diagrama hombre-maquina de grupo para los seis integrantes de la cuadrilla de mecánicos.

2) Si la escudería decide incrementar al doble sus cuadrillas, esto es, a 12 personas, y además, adquiere una nueva bomba de gasolina que llena el tanque de combustible en 10 seg. y un succionador que vacía el aceite en sólo 5 seg, hágase un diagrama para esta nueva situación y evalúese el ahorro en tiempo que esto trae consigo. Es de suponerse que para cada una de las operaciones se contará con el doble de personal.

P R A C T I C A # 14

Tema: Diagrama de barras o de Gantt.
Referencia: Capítulo 3.

En una fábrica de galletas se tienen los siguientes pedidos, con sus respectivas fechas de entrega y la cantidad deseada expresada en toneladas:

Tipo de galleta	# pedido	fecha	cantidad.
Marías	1	4	50
Marías	2	12	100
Marías	3	19	125
Marías	4	30	200
Saladas	1	6	90
Saladas	2	10	30
Saladas	3	13	150
Saladas	4	23	180
Saladas	5	31	90
Sandwich	1	5	120
Sandwich	2	11	180
Sandwich	3	16	60
Sandwich	4	26	480
Sandwich	5	30	60
Grajeadas	1	7	45
Grajeadas	2	13	60
Grajeadas	3	17	45
Grajeadas	4	23	60
Grajeadas	5	26	60

Cada tipo de galleta es producida por una maquinaria distinta, por lo que la producción es independiente entre sí, las capacidades de producción para cada tipo de galletas son las siguientes:

Galletas Marías	= 25 Tons/día.
Galletas Saladas	= 30 Tons/día.
Galletas Sandwich	= 60 Tons/día.
Galletas Grajeadas	= 15 Tons/día.

Debido al alto costo financiero y del espacio, la fábrica de galletas ha establecido un tope para limitar los días en que la producción de galleta puede ser mantenida en el inventario. Estos

límites varían con cada tipo de galleta y son como sigue:

Galletas Marias = 6 días.
Galletas Saladas = 7 días.
Galletas Sandwich = 9 días.
Galletas Grajeadas = 5 días.

La compañía trabaja de lunes a sábado, descansando domingos y días festivos.

Las existencias de galletas al día 1 del mes son iguales a cero, puesto que toda se encuentra vendida.

El tiempo de entrega de los pedidos es de un día, por lo que el día de entrega ya no se podrá producir galleta para surtir el pedido, aunque el día hábil inmediato anterior si se podrá hacer.

Debido al alto costo de la energía, la compañía ha emprendido una política de ahorro de combustible, por lo que se debe de minimizar las ocasiones en que se arranquen las máquinas, ya que esto implica calentar un horno de cocción, es por ello, que se debe tratar de mantener las máquinas produciendo continuamente, esto debe hacerse siempre y cuando se respete la restricción del inventario.

1) Elabora un diagrama de barras o de Gantt, tomando como base el calendario mostrado en la figura 8-6, en el que se nos muestre la carga de producción de cada máquina de la fábrica de galletas, anotando en cada barra del diagrama el número de pedido para el cual se está produciendo.

En el calendario es importante notar que el día 21 es festivo, por lo que la compañía no trabajará, al igual que los domingos.

D	L	M	M	J	V	S
<u>1</u>	2	3	4	5	6	7
<u>8</u>	9	10	11	12	13	14
<u>15</u>	16	17	18	19	20	<u>21</u>
<u>22</u>	23	24	25	26	27	28
<u>29</u>	30	31				

FIG 8-6.

PRACTICA # 15

Tema: Diagrama de barras o de Gantt.

Referencia: Capítulo 3.

En una fábrica en la que se producen cables conductores de electricidad, existen unas máquinas conocidas como "estañadoras", cuya función es aplicar una capa de estaño líquido a los conductores de cobre.

La operación de esta máquina consta de dos fases. En la primera, el operador de la máquina tiene que colocarle a la estañadora un rollo de cable conductor de cobre a un eje anexo a la máquina. Esta operación toma aproximadamente 6 minutos, y durante ésta el operador necesita poner toda su atención en la máquina por lo que no podrá realizar otra labor durante este tiempo. Una vez colocado el rollo se enciende la máquina y ésta comienza a funcionar automáticamente por 25 minutos aproximadamente, que es el tiempo que tarda la máquina en desenrollar todo el cable y hacerlo pasar por el baño de estaño.

1) Con la información anteriormente expuesta, determina el número de máquinas que un trabajador podrá operar sin incurrir en interferencia.

2) Elabora un diagrama de barras o de Gantt que represente la manera de asignar la estañadora a un mismo operario.

P R A C T I C A # 16

Tema: Diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha.

Referencia: Capítulo 4.

Con la ayuda de un equipo de videofilma-
ción, elabora un diagrama de proceso mano izquier-
da-mano derecha para la operación de colocar sobre
una madera un clavo, utilizando para esta operación
un martillo de acero templado, bajo las siguientes
premisas:

1) Debe de colocarse la estación de traba-
jo de una forma tal que los clavos, el martillo y
la madera se encuentren sobre una misma mesa de
trabajo y en un área relativamente pequeña; en una
forma tal que el operario desde su lugar de trabajo
los pueda alcanzar con el sólo movimiento de sus
brazos.

2) El diagrama debe incluir todos los
therbligs cuya duración sea mayor a un segundo.

3) El clavo debe tener una longitud de por
lo menos una pulgada y la madera debe ser suave, de
tal forma que con aproximadamente 8 golpes del mar-
tillo sobre el clavo, éste se sujete a la madera
totalmente.

4) El punto de la madera en el cual ha de
colocarse el clavo no es aleatorio, sino que por el
contrario, es un punto único previamente determina-
do por lo que el operario deberá prestar atención
para asegurarse que el clavo sea colocado en la
posición correcta.

Tema: Diagrama de proceso mano izquierda-mano derecha.

Referencia: Capitulo 4.

Coloca 5 cajas pequeñas alrededor de una mesa de trabajo en un área reducida frente a ti, de tal forma que cada caja sea fácilmente alcanzable con el sólo movimiento de los brazos. Las cajas deberán de formar un semicírculo frente a ti, cuyo radio debe ser menor a la longitud de tu brazo.

Coloca un sexta caja en una posición igualmente alcanzable por ti, justamente en el centro del semicírculo formado por las otras cinco cajitas. Esta sexta caja debe contener cinco canicas de los siguientes colores:

- a) azul
- b) rojo
- c) verde
- d) amarillo
- e) negro.

Coloca igualmente, un pedazo de franela cerca del brazo izquierdo.

Con la ayuda de un equipo de filmación tipo cámara de cine super-8, o de cualquier otro dispositivo de filmación del cual se obtenga una película impresa, y que por lo tanto sea factible de analizar cuadro por cuadro, filma a una persona sacando las canicas de la sexta caja una por una y colocando cada canica en una caja diferente.

Como paso intermedio, al momento de sacar cada canica, deberá de frotársele con la franela colocada previamente junto al brazo izquierdo.

La primera canica que se deba sacar es la azul y se tendrá que colocar en la caja que se encuentre a la extrema izquierda del operario. La segunda canica que se sacará debe ser la roja y se deberá colocar en la caja siguiente y así sucesivamente con la verde, la amarilla y la negra.

Tómese en cuenta los principios enunciados en el capítulo 4 para la filmación de la operación.

Una vez revelada la película analizála cuadro por cuadro para identificar cada therblig y una vez hecho esto, elabora un diagrama mano izquierda-mano derecha, utilizando para este fin la equivalencia en tiempo por cuadro de película, que deberá obtenerse a partir de la velocidad de la cámara utilizada. Al momento de elaborar el diagrama, no debe de olvidarse la operación de frotado de la canica.

Tema: Simplificación del trabajo.

Referencia: Capítulo 5.

Aplicando los principios de la economía de movimientos, diseña una estación de trabajo para la operación de empacar galletas dentro de una caja de cartón.

Supongáse que la galleta es suministrada a la estación de trabajo procedente del departamento de producción por medio de pequeños containers que debes igualmente diseñar para un manejo eficiente de la galleta.

Debes de considerar que las dimensiones promedio de una galleta son círculos de 7.5 cm de diámetro.

Las cajas de cartón, así como una bolsa de plástico colocada en el interior de la caja son suministradas a la estación por medio de una banda transportadora de velocidad constante cuya altura y dimensiones son susceptibles de ajustarse según las necesidades de diseño.

Los operarios toman las galletas de los containers con sus manos, las cuales están protegidas con guantes higiénicos, y las depositan dentro de la bolsa de plástico la cual está en el interior de la caja de cartón.

Una vez llena la caja, se coloca una liga en la bolsa de plástico y se pone la caja sobre una banda transportadora para su sellado final.

Al diseñar esta estación debes de especificar la herramienta y equipo, la disposición del lugar de trabajo y los tiempos y movimientos de los operarios según la teoría descrita en el capítulo cinco.

PRACTICA # 19

Tema: Plan de trabajo por pieza o a destajo.
Referencia: Capítulo 6.

En una cierta compañía en la que existe un plan de trabajo a destajo, el estándar es de 100 piezas al día para cada operario.

Supongáse que en el país en el cual está ubicada la fábrica, no existen legislaciones laborales que garanticen un salario mínimo para el trabajador, pero la compañía otorga un salario base de \$ 2,000 unidades monetarias, este salario es obtenido en el momento en el cual el trabajador logra alcanzar una producción equivalente al 80% del estándar.

1) Calcúlese las percepciones de un operario que elabore un total de 120 piezas en un día.

2) Calcúlese el salario de un operario novato que solamente logre elaborar 60 piezas en su jornada.

3) Elabórese una gráfica similar a la mostrada en la figura 6-1 para esta compañía en particular, tomando en cuenta que el costo de la mano de obra por pieza es de 250 unidades monetarias por pieza.

P R A C T I C A # 20

Tema: Plan de Taylor o de tarifa múltiple.
Referencia: Capítulo 6.

En una máquina manual envasadora de productos forrajeros se tiene un sistema de remuneración de Taylor, en el cual el estándar es de 500 sacos envasados por cada jornada de 8 horas.

La tasa baja es de 7 pesos por saco envasado.

El salto de bonificación es del 21%.

1) Calcula las percepciones de un trabajador que haya alcanzado la cifra de 500 sacos envasados.

2) ¿Cuál es la diferencia de salarios para dos operarios que elaboren 499 y 501 sacos respectivamente, en una jornada?

3) Si un trabajador recién ingresado a la planta sólo logra envasar 300 sacos, ¿que ingreso logrará en dicha jornada?

4) Elabora la gráfica que represente el sistema de remuneración empleado para los operarios de dicha máquina envasadora.

Tema: Plan de Merrick o destajo múltiple.
Referencia: Capítulo 6.

En una compañía en la cual se ha establecido un plan de Merrick para la producción de un determinado artículo, se ha determinado que los dos saltos de bonificación sean del 7% y del 13% para el primer y segundo salto, respectivamente. Igualmente, se ha determinado que éstos sean alcanzados al momento en que los operarios alcancen el 80% y el 100% del estándar.

Si el estándar ha sido fijado en 600 artículos por operario para cada jornada laboral, y la tarifa básica de destajo es igual a 5 pesos por pieza, determina:

1) La percepción de un operario que alcanza la cifra de 468 artículos en su jornada.

2) El salario diario de un trabajador que logra una producción individual de 540 unidades en su turno.

3) El sueldo de un obrero experto que obtiene una producción de 650 artículos en su jornada.

4) Por último, elabora una gráfica que represente el sistema de destajo múltiple que esta compañía ha implementado, poniendo especial atención en las pendientes de cada una de las tres rectas de salario devengado.

P R A C T I C A # 22

Tema: Plan de Gantt.
Referencia: Capitulo 6.

En una planta industrial en la que se ha implementado un plan de Gantt el salario mínimo es de \$3,045 pesos diarios, para una jornada normal de 8 horas.

El estándar es de 250 unidades por día y el destajo que se aplica cuando el operario supera el estándar es igual a \$30 pesos por pieza.

El salto por alcanzar el estándar es de un 25% el salario base.

1) Calcula las percepciones de un operario que elabora 270 unidades en su jornada.

2) ¿ Cuáles son los ingresos de un trabajador que sólo alcanza la cifra de 240 unidades en 8 horas ?

3) ¿ Cuál es la diferencia porcentual entre los salarios de los trabajadores de los incisos 1 y 2 ?

4) Elabora una gráfica que nos muestre el sistema empleado en la factoría anteriormente descrita.

PRACTICA # 23

Tema: Plan de horas estándares.
Referencia: Capítulo 6.

En un restaurant de comida rápida especializado en haburguesas, se ha implementado un plan de horas estándares para remunerar a los empleados del lugar.

Se ha determinado que el estándar es de 1.5 horas por 30 hamburguesas elaboradas por cada empleado y, por otra parte, la tasa salarial base es de \$ 750 pesos.

1) Si un operario elaboró 214 hamburguesas en toda su jornada de trabajo, calcula el monto de las percepciones a las cuales tiene derecho.

2) Si se asume que el operario trabajó a un ritmo constante durante toda la jornada, calcula su percepción por hora.

3) Encuentra la eficiencia para ese mismo operario.

4) Elabora una gráfica que represente el sistema de remuneración utilizado en este establecimiento.

Tema: Sistema diferencial de tiempo con saltos o escalones de bonificación.
Referencia: Capítulo 6.

En una fábrica de zapatos se tiene un sistema de incentivos diferencial de tiempo con escalones de bonificación para los operarios que llevan a cabo la operación de colocarle los tacones a los zapatos procedentes del área de cosido.

Los estudios de tiempos y movimientos realizados en la planta por parte del departamento de Ingeniería Industrial determinaron que el estándar para la operación de colocado de tacones es de 80 zapatos para una jornada normal de 8 horas.

La compañía ha establecido 2 saltos de bonificación, uno del 20% del salario base, al momento de alcanzar el estándar, y un segundo salto equivalente al 40% del salario base al momento de superar con 17% el estándar.

El salario base que la compañía otorga a sus trabajadores es de \$ 3,500 pesos al día.

1) Calcula las percepciones de un operario que coloca 75 tacones durante su jornada de trabajo.

2) Si un operario alcanza la cifra de 85 tacones colocados, ¿a cuánto equivaldrán sus percepciones ?

3) Para un trabajador experto que alcance la cifra de 105 tacones colocados, calcula cuánto dinero tendrá derecho de recibir como recompensa por su labor.

4) ¿Cuál es la diferencia porcentual para los trabajadores de los incisos 1 y 3 ?

5) Elabora una gráfica que represente el sistema de remuneración empleado en la fábrica anteriormente descrita.

P R A C T I C A # 25

Tema: Trabajo por día medido.
Referencia: Capítulo 6.

En una cierta planta armadora de automóviles se tiene un sistema de remuneración basado en el trabajo por día medido.

La empresa toma como referencia un periodo de una semana y para un cierto operario se ha determinado que durante su desempeño en la semana inmediata anterior alcanzó una eficiencia del 115%.

1) Calcula las horas estándares de producción alcanzado por dicho operario en la semana.

2) Si el salario base de este trabajador es de \$ 3,000 pesos diarios, calcula sus percepciones diarias para la semana siguiente.

P R A C T I C A # 26

Tema: Sistema Halsey de participación constante (50-50) con garantía de tiempo.

Referencia: Capítulo 6.

En una fábrica de galletas se tiene un sistema de remuneración Halsey de participación constante al 50% con garantía de tiempo tradicional, es decir, que en el momento en el cual el operario alcanza el 62.5% del estándar, éste comienza a percibir una ganancia extra equivalente al 50% del beneficio resultante del incremento de la producción.

En el departamento de envasado de dicha fábrica se ha determinado que el estándar es de 500 bolsas por operario para su jornada de 8 horas y el salario base de los trabajadores es de \$ 3,800 pesos diarios.

1) Calcula las percepciones de tres operarios que envasan 480, 520 y 600 cajas respectivamente. (Para esto debes ayudarte de la figura 6-6.)

2) Supongáse que la fábrica decide modificar el sistema Halsey tradicional, de tal suerte que la remuneración extra sea otorgada al trabajador a partir del momento en el cual el operario alcanza el 70% del estándar, y de una forma tal que ésta remuneración extra sea equivalente al 75% del beneficio resultante del aumento de la productividad.

Bajo este nuevo esquema, calcula las percepciones de los trabajadores cuya productividad fue equivalente a 480, 520 y 620 respectivamente, suponiendo que no ha habido cambios ni en el estándar ni en el salario base.

3) Dibuja la gráfica del sistema de remuneración Halsey modificado de acuerdo a lo estipulado en el inciso anterior.

P R A C T I C A # 27

Tema: Sistema original de Bedaux de puntos.
Referencia: Capitulo 6.

En una compañía elaboradora de productos textiles se ha implementado un sistema de remuneración Bedaux de puntos.

El salario base de los trabajadores para su jornada normal de 8 horas (o sea, 480 B) es de \$ 4,000 pesos.

- 1) ¿ Cuál es el valor unitario de cada punto B. ?
- 2) Calcula las percepciones de un operario que haya logrado alcanzar los 500 B.
- 3) Calcula el incentivo al que tendría derecho un operario que obtenga 520 B.

Tema: Plan de Rowan.
Referencia: Capítulo 6.

En una fábrica de ladrillos se ha implementado un sistema de remuneración de acuerdo al plan de Rowan para los operarios que efectúan la operación del cocido final de ladrillo en los hornos de calentamiento.

El salario base para los trabajadores de la planta es de \$ 437.5 pesos por cada hora de trabajo normal. La tarea de elaborar un lote de 10 millares de ladrillos tiene un estándar de 6.5 horas.

1) Encuentra la tarea baja de esta labor.

2) Si un operario elabora un lote de 10 millares de ladrillos en cinco horas, calcula su porcentaje de eficiencia, el tiempo economizado y su percepción por hora al realizar dicha labor.

3) Elabora una tabla similar a la mostrada en la página 166 de la teoría en la que se muestre el tiempo real trabajado, así como el tiempo economizado y la percepción por hora para operarios que alcancen los siguientes rendimientos:

a) 62.5 % del estándar.

b) 80 % del estándar.

c) 100 % del estándar.

d) 110 % del estándar.

e) 130 % del estándar.

4) Elabora una gráfica que represente el sistema de remuneración empleado en la ladrillera, así como el costo de mano de obra directa por cada lote de 10 millares de ladrillos.

P R A C T I C A # 29

Tema: Plan empírico de Emerson
Referencia: Capítulo 6.

En el departamento de envase en una fábrica de sopas se ha determinado que el estándar para la operación de colocar bolsas de celofán dentro de una caja de cartón es de 30 cajas completas por hora.

En esta planta industrial se ha implementado un sistema de remuneración basado en el plan empírico de Emerson.

La tasa salarial base por hora es igual a \$ 150 pesos.

a) Calcula las percepciones por hora de un operario al que le toma 1.7 horas el alcanzar la cifra de 30 cajas. Asimismo, calcula sus percepciones en su jornada de 8 horas, en el supuesto de que mantiene el mismo nivel de producción el resto del día.

b) Calcula las percepciones diarias de un trabajador que en promedio alcanzó el estándar en 1.1 horas.

c) Supóngase que un operario logró alcanzar la cifra de 320 cajas en su jornada laboral.

Encuentra la productividad de este operario y calcula asimismo el tiempo economizado por hora y sus percepciones por hora.

CONCLUSION GENERAL DE LA TESIS.

Es indudable que todo el material anteriormente expuesto es una ayuda inapreciable para la industria nacional en su imperante necesidad de ser más productiva. Todos los principios teóricos expuestos son susceptibles de ser llevados a la práctica en la industria nacional y de ser implementados y asimilados por la mano de obra mexicana.

Es compromiso ineludible de las universidades nacionales el formar profesionistas íntegros y responsables con los suficientes conocimientos para aplicar en forma racional los principios de la ingeniería industrial que inevitablemente conducirán a un incremento en los niveles de eficiencia tan necesario en estos momentos.

El presente trabajo es un instrumento didáctico que fue concebido con el único fin de apegarse a la realidad de la industria mexicana, en la que la mano de obra es un factor preponderante, dada la abundancia de ésta y de la relativamente baja automatización de la industria, si se compara con la de los países altamente industrializados, que es de donde proceden los textos más utilizados en la materia.

La única salida para la supervivencia de la industria nacional ante las presiones de apertura comercial del extranjero es la de una mejor y mayor productividad de los sistemas y el camino idóneo para lograr este objetivo son los principios científicos fundamentales sobre los que se basa la ingeniería industrial y que fueron enunciados en el presente trabajo. La aplicación consistente de todos estos principios forzosamente dará como resultado una mayor competitividad de la industria, tanto por una mejor calidad, como por unos costos menores.

Ante esta situación, es impostergable la necesidad de que las universidades sean las iniciadoras de un movimiento generalizado tendiente a la efficientización del país valiéndose para ello de los principios fundamentales del campo científico de la ingeniería industrial, que han demostrado ser las mejores y únicas herramientas capaces de mejorar la productividad de cualquier sistema.

Esperamos que el presente trabajo sea una contribución a la formación de profesionistas íntegros, capaces y patriotas para tener un futuro más promisorio para México y los mexicanos.