



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

MANUAL TEORICO PRACTICO PARA
EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE METODOS

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

HUGO TEODORO MENDEZ SANTOS

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 1,995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

04
T. Mendez
2011

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

MANUAL TEORICO PRACTICO PARA
EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE METODOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de octubre de 1,992



HUGO TEODORO MENDEZ SANTOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO:	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO:	Ing. Juan Rodolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO:	Br. Freddy Estuardo Rodríguez Quezada
VOCAL QUINTO:	Br. Mario Nerthali Morales Solís
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Jorge Mario Morales González
EXAMINADOR:	Ing. Elena Diez Pinto
EXAMINADOR:	Ing. Luis Rodolfo Casellas Corado
EXAMINADOR:	Ing. José Bolívar González Gómez
SECRETARIO:	Ing. Edgar Aurelio Bravatti Castro

Guatemala, 23 de septiembre de 1994

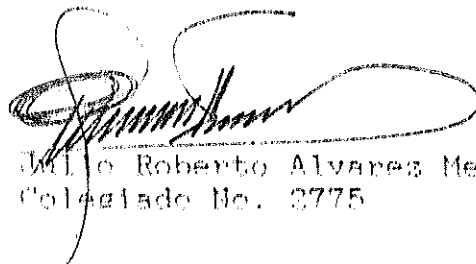
Ingeniero
Roberto Valle González
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Señor Director:

Por medio de la presente, hago de su conocimiento que he tenido a bien asesor el trabajo de tesis titulado "MANUAL TEORICO PRACTICO PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE METODOS", realizado por el estudiante Hugo Teodoro Méndez Santos, por tal motivo le manifiesto que dicho trabajo contribuye al desarrollo profesional del Ingeniero Industrial y a las actividades docentes de la Facultad de Ingeniería, especialmente en el Area de Producción.

Sin otro particular me suscribo.

Atentamente.



Ing. Julio Roberto Alvarez Mejia
Colegiado No. 2775

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA




FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de tesis titulado MANUAL TEORICO PRACTICO PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE METODOS, presentado por el estudiante universitario Hugo Teodoro Méndez Santos, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Fernando Alvarez Paz
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, marzo de 1,995.

erads

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área y del Coordinador General de Revisión de Tesis de la Escuela, al trabajo de tesis titulado MANUAL TEORICO PRACTICO PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE METODOS, presentado por el estudiante universitario Hugo Teodoro Méndez Santos, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Peñáz Castellanos
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, marzo de 1,995.

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado MANUAL TEORICO PRACTICO PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE METODOS, presentado por el estudiante universitario Hugo Teodoro Méndez Santos, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECAÑO



Guatemala, abril de 1,995.

emds

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES Hugo Roderico Méndez Ogaldez
 Imelda Aracely Santos Alvaradode Méndez

A MIS ABUELOS Teodoro Méndez Escobar (+)
 Clotilde Ogaldez de Méndez
 Juan Santos Rivaz (+)
 Dorotea Alvarado Espinoza de Santos (+)

A MI ESPOSA Carmen Alicia García de Méndez

A MI HIJA Andrea María Méndez García

A MIS HERMANAS Doris Aracely, Dina Odette y
 Karol Iveth

A TODOS MIS AMIGOS Y FAMILIARES.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Julio Roberto Alvarez, por la asesoría brindada para la elaboración de este trabajo de tesis

Al Ing. Carlos Ayala (+), por el apoyo brindado al proponer el tema de la tesis a la dirección de escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

GLOSARIO

Accidente.

Suceso en donde existen pérdidas materiales y/o humanas el cual es provocado por factores ajenos al sistema y/o personas, sin premeditación alguna.

Actuación normal.

Actuación esperada de un operario con adiestramiento medio que sigue el método prescrito y trabaja a un ritmo medio.

Análisis de operaciones.

Proceso de investigación relativo a las operaciones en el trabajo industrial o de oficina y es el proceso que lleva a la estandarización de las operaciones junto con el estudio de tiempos y movimientos.

Area máxima de trabajo.

Es el área que el operario puede alcanzar, fácilmente con los brazos totalmente extendidos, cuando está situado en su posición normal de trabajo.

Area normal de trabajo.

Es el espacio en el área de trabajo al que se puede alcanzar con las manos estando ambos codos con centro de giro en el borde o límite de la estación de trabajo.

Calificación de actuación.

Asignación de un valor o porcentaje al tiempo medio observado de un operario, con base en la productividad real de éste comparada con la conceptuada como normal por el observador.

Ciclo.

Serie de elementos que ocurren en orden regular y hacen posible una operación. Estos elementos se repiten cuando se repite la operación.

Día justo de trabajo.

Cantidad de trabajo realizada por un operario o grupo de operarios el cual se estima justa para la empresa y el trabajador, considerando los salarios pagados. Es la cantidad de trabajo que puede producir un trabajador calificado cuando labora a un ritmo normal y utiliza, efectivamente, su tiempo sin estar restringido por limitaciones del proceso.

Diagrama de proceso.

Representación gráfica de un proceso de fabricación o manufactura.

Eficiencia.

Relación existente entre la actuación o producción real respecto de la actuación o producción estándar.

Elemento.

División del trabajo que se puede medir con equipo cronométrico y que tiene puntos terminales fácilmente identificables.

Efectividad.

Término que se utiliza cuando una actividad cumple con las metas esperadas tomando en cuenta las limitaciones del proceso.

Esfuerzo.

Voluntad o disposición a realizar trabajo productivo, manual o mental.

Estación de trabajo.

Lugar o área donde el trabajador realiza los elementos de trabajo en una operación específica.

Estándar.

Valor o condición de referencia que se singulariza por ciertas características detalladas y específicas, para que otras clasificaciones se puedan considerar superiores, inferiores o comparables al estándar de referencia.

Estudio de métodos.

Análisis de una operación para aumentar la producción por unidad de tiempo y, en consecuencia, reducir el costo unitario.

Estudio de movimientos.

Es el análisis y estudio de movimientos que constituyen una operación para mejorar el patrón de movimientos, eliminando los movimientos inefectivos y acortando los movimientos efectivos.

Fatiga.

Disminución en la capacidad o voluntad de trabajar.

Margen o tolerancia.

Tiempo que se agraga al tiempo normal para compensar retrasos o demoras personales, inevitables y por fatiga.

Incidente.

Suceso inesperado en donde se da una situación de peligro, pero, en el que no existen pérdidas materiales ni humanas.

Método.

Término utilizado para designar la técnica empleada para realizar una operación.

M.T.M. Methods time measurement.

Procedimiento en que se analiza un método u operación manual en los movimientos básicos requeridos para su realización y se asigna a cada movimiento un estándar de tiempo predeterminado, basado en la naturaleza del movimiento y las condiciones en las que se realiza.

Operario normal.

Operario que puede lograr el estándar establecido de actuación siguiendo el método prescrito y trabajando a un ritmo medio de trabajo.

Operario calificado.

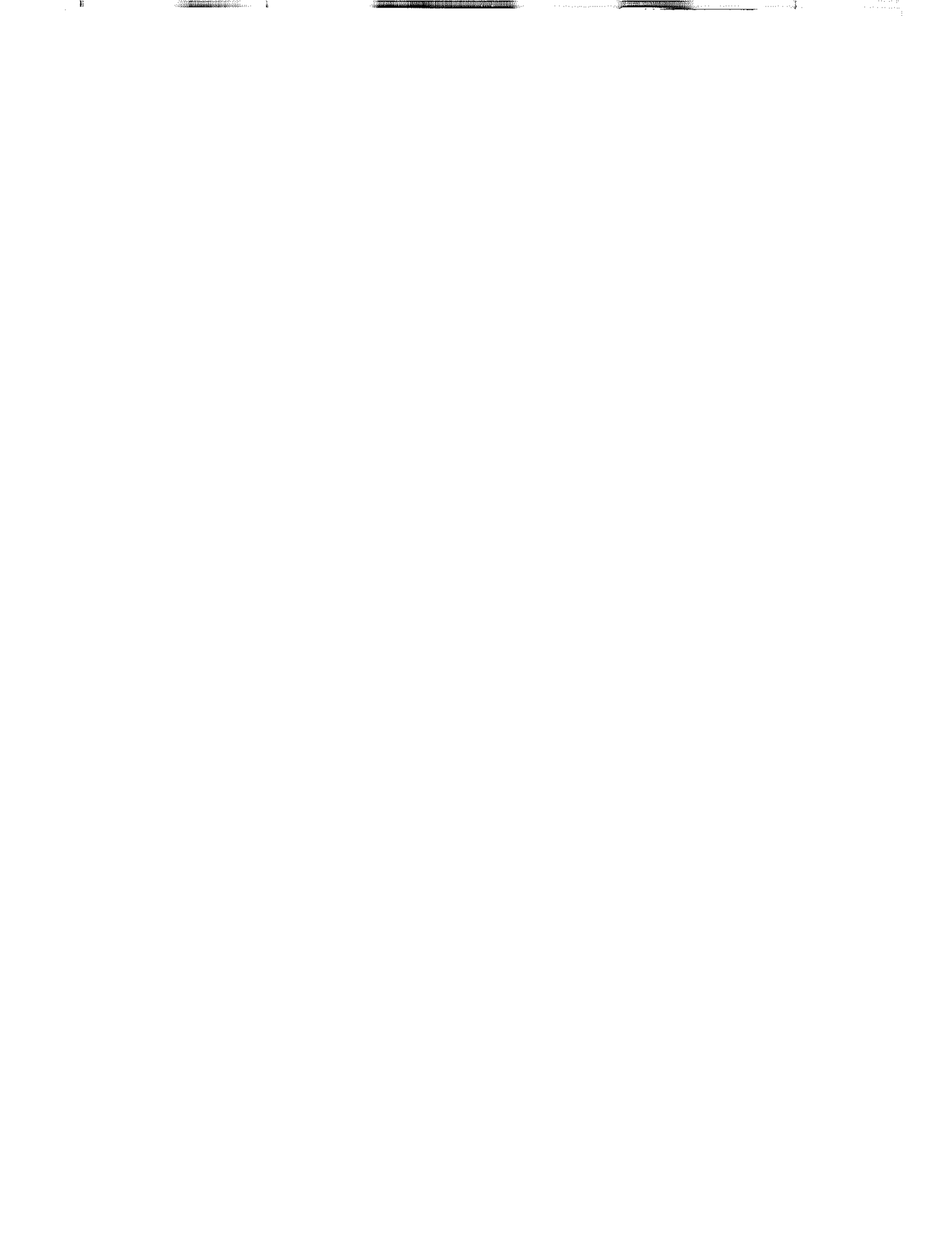
Operario que ha tenido la suficiente instrucción y el adiestramiento necesario y demostrado un adecuado nivel de habilidad y empeño, de manera que se puede esperar que realice una actuación aceptable en lo que respecta a cantidad y calidad.

Ritmo de trabajo.

Cantidad de unidades de producto terminado producidas en una línea de producción o estación de trabajo.

Therblig.

Segmento abreviado de un elemento de trabajo que describe las actividades sensomotoras.



INDICE

	PAGINA
Introducción	1
Objetivos	3
CAPITULO I	
Presentación de la Guía Teórico Práctica para el Laboratorio de Ingeniería de Métodos.	4
1.1. Objetivos de la tesis	4
1.2. Contenido del trabajo de tesis	5
CAPITULO II	
Análisis de la operación.	7
2.1. Estaciones de trabajo	9
2.1.1. Diseño de estaciones de trabajo	9
2.1.2. Medidas promedio para accesorios en estaciones de trabajo.....	14
2.2. Simplificación del trabajo	16
CAPITULO III	
Estudio de movimientos.	22
3.1. Movimientos fundamentales o Therbligs	23
3.2. Principios de la economía de movimientos.....	30
3.2.1. Relativos al uso del cuerpo humano	31
CAPITULO IV	
Estudio de tiempos.	33
4.1. Relación del estudio de tiempos con trabajo y salario	35
4.1.1. Día justo de trabajo	35
4.1.2. Trabajador competente	36
4.1.3. Ritmo normal de trabajo	36
4.1.4. Utilización efectiva	36

4.2. Requisitos para el estudio de tiempos	37
4.2.1. Requisitos del analista de tiempos	37
4.2.2. Estandarización del método a estudiar	38
4.2.3. Requisitos que debe llenar el operario que efectúa la operación a estudiar	38
4.2.4. Información que debe ser tramitada a los trabajadores sobre el estudio de tiempos	39
4.3. Elementos del estudio de tiempos	40
4.3.1. Equipo	40
4.3.2. Definición de etapas a estudiar	42
4.3.3. Colocación del observador analista	43
4.3.4. División de la operación en elementos	44
4.4. Toma de tiempos	46
4.4.1. Método continuo de toma de tiempos	46
4.4.2. Método de regreso a cero	46
4.5. Número de ciclos a estudiar	49
4.6. Calificación de actuación	52
4.6.1. Criterios de calificación de la eficacia en base a porcentajes	54
4.7. Márgenes de tiempo y concesiones	61
4.7.1. Tolerancias aplicables por esfuerzo al tiempo total del ciclo	63
4.8. Cálculo de tiempo normal y tiempo estándar	68
4.9. Datos estándar M.T.M.	70
CAPITULO IV	
Balance de líneas.	84
5.1. Métodos para balancear líneas	84
5.1.1. Criterio de balance de líneas en base al tiempo de cuello de botella	85
5.1.2. Balance de líneas en base al ritmo de producción	90

5.2. Cálculo de costo por operación	105
5.2.1. Cálculo de costos con Tiempo Extra	108
Anexo 1	
Herramientas gráficas para el analista de metodos ..	110
Anexo 2	
Análisis de condiciones de trabajo	119
Anexo 3	
Formatos y programa del curso	131
Conclusiones	139
Recomendaciones	140
Bibliografía	141

Introducción

La ingeniería industrial ha presentado un gran auge en los últimos años. La industria en general se ha dado cuenta que el ingeniero industrial y el estudiante de ingeniería industrial, representan un factor importante dentro del grupo de dirección, en la organización de cada empresa, por contar con herramientas teóricas y prácticas que les permiten desenvolverse en casi cualquier ambiente de trabajo, sea administrativo o de producción, por lo que, actualmente, es una de las carreras universitarias que mayor número de profesionales posee ocupando puestos claves en las actividades más importantes que mueven la economía y la industria.

La formación efectiva y eficiente de profesionales en el área de la ingeniería industrial, es uno de los motivos primordiales en la realización del presente trabajo de tesis, específicamente, en el área de ingeniería de métodos, la cual es una de las herramientas más importantes con las que cuenta el ingeniero industrial para la organización y optimización de cualquier tipo de proceso, tanto productivo como administrativo.

La ingeniería de métodos estudia la manera más adecuada de llevar a cabo todo tipo de tareas, mediante el estudio de tiempos y movimientos, eliminando actividades improductivas y

mejorando las condiciones de trabajo, diseñando procesos de alta productividad, fijando niveles reales de producción, tomando en cuenta las limitantes causadas, tanto por factores humanos como tecnológicos, teniendo como meta contar con sistemas de trabajo adecuados, fáciles de realizar y en el menor tiempo posible, partiendo de la premisa de que "siempre existe un método mejor para realizar el trabajo".

OBJETIVOS

1. Contar con un documento de consulta, que sirva de guía a las personas que se dedican al estudio de métodos.
2. Que la escuela de Ingeniería Mecánica industrial cuente con un manual teórico práctico que facilite la docencia en el curso de Ingeniería de métodos.
3. Que los alumnos de curso de Ingeniería de Métodos cuenten con una guía para realizar prácticas de laboratorio efectivas en empresas fuera de la Facultad de Ingeniería, con el fin de que su trabajo sea objetivo, práctico y fácil de realizar.
4. Facilitar al futuro profesional un material de consulta que le permita realizar estudios en el campo de la Ingeniería de Métodos.

CAPITULO 1

PRESENTACION DE LA GUIA TEORICO PRACTICA PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE METODOS.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo primordial, el proporcionar un guía de estudio para el estudiante y futuro profesional, que desee realizar estudio en el campo de la Ingeniería de Métodos.

Esta guía se desarrollo en base al programa del curso de ingeniería de métodos vigente en enero de 1,992 (1), y, se tomaron los puntos más importantes y claves que todo estudiante y profesional de la Ingeniería Industrial, debe conocer y dominar al realizar prácticas o estudios en el campo de la Ingeniería de Métodos.

1.1. Objetivos de la tesis.

El objetivo del presente trabajo de tesis se basa en crear una guía para el alumno que estudia por primera vez Ingeniería de Métodos y como material de consulta para el futuro profesional. Esta guía tiene como objetivos básicos los siguientes:

- proporciona al estudiante los conocimientos y procedimientos técnicos con los que cuenta la Ingeniería Industrial, para la observación, registro, análisis, control y mejora de los procesos productivos.

(1) Anexo 3 programa del curso de Ing. de Métodos.

- que el estudiante pueda hacer un análisis de los movimientos fundamentales y que pueda hacer un estudio de micromovimientos.
- que el estudiante sea capaz de diseñar; planes de trabajo para estudios de tiempos y movimientos, y aprender a nivelar y valorar todas las ejecuciones de un proceso productivo, con el fin de poder diseñar o modificar procesos de producción que respondan a diferentes tipos de demanda o niveles de producción eficientes.
- que el futuro profesional de la Ingeniería Industrial cuente con un material bibliográfico de fácil consulta, para realizar estudios en el campo de la ingeniería de métodos.

1.2. Contenido del trabajo de tesis.

El presente trabajo contiene cuatro capítulos, que proporcionan la información y procedimientos generales y específicos que todo estudiante deberá dominar durante el resto de sus cursos profesionales, que deberá estudiar antes de graduarse de Ingeniero Industrial y en el desarrollo de su vida profesional.

El capítulo 2, Análisis de la Operación, proporciona al estudiante parámetros y criterios, que le servirán para identificar posibles problemas en procesos de producción.

Proporciona conocimientos básicos para introducirse a un estudio de métodos.

El capítulo 3, estudio de movimientos, proporciona la

teoría básica sobre los términos que deberá manejar para realizar un estudio de movimientos, entender mejor el proceso o método en estudio, previo a realizar un estudio de tiempos.

El capítulo 4, Estudio de Tiempos. Proporciona la teoría y criterios necesarios que ayudarán al estudiante a conocer cómo se inicia un estudio de tiempos, factores y condiciones generales para realizar el estudio, cómo se desarrolla el estudio, definición del método de toma de tiempos hasta llegar a obtener los tiempos estandar del proceso.

El capítulo 5, Balance de Líneas. En este capítulo presenta las herramientas matemáticas para balancear una línea de producción, en base a tiempos estandar, con el fin de aumentar la eficiencia de los procesos, ya sea aumentando su capacidad de producción en base a una demanda o reorganizando su capacidad instalada.

En todos los capítulos se presentan ejemplos ilustrativos para que el lector comprenda mejor la teoría presentada y se deja al criterio del catedrático que imparta el curso, la ampliación de los mismos.

En anexo se presenta un resumen sobre las herramientas gráficas que utiliza el analista de métodos y análisis de condiciones de trabajo, material que se presenta a nivel general y como resumen, por ser temas que el estudiante debe dominar previo a iniciar un curso de ingeniería de métodos, pero se adjunta como material de apoyo por ser de importancia para el buen desarrollo de un estudio de métodos.

CAPITULO 2

ANALISIS DE LA OPERACION

Esta parte del estudio de métodos consiste en identificar todos los elementos de una operación o proceso. Se deben analizar básicamente, los elementos productivos y los improductivos de la operación, siendo los improductivos todos aquellos donde no se esté realizando ninguna modificación de la materia prima tales como; demoras, esperas sostener en posición, buscar piezas, precolocar piezas, etc. Los elementos productivos son aquellos en donde se realiza una transformación de material y/o utilización de maquinaria o personal.

Los elementos no productivos se deben tratar de eliminar, mientras que los productivos deben de acortarse o mejorarse.

El método utilizado para el análisis de la operación debe basarse en tres parámetros básicos:

1. volumen de trabajo: debe obtenerse toda la información sobre la cantidad de trabajo que se espera en una línea o estación de trabajo,
2. tiempo necesario para cumplir con el volumen de trabajo esperado en la línea o estación de trabajo,
3. necesidad de mano de obra, maquinaria necesaria para cumplir con el volumen de trabajo esperado en el tiempo planificado.

Conociendo el volumen de trabajo, el tiempo necesario para realizarlo y las necesidades de mano de obra y maquinaria y teniendo como herramientas de trabajo los diagramas de recorrido, proceso y flujo del proceso, se procede a revisar el proceso global haciendo las preguntas siguientes:

- ¿es necesaria esta operación?
- ¿se puede realizar de otra manera esta operación?
- ¿es posible combinarla con otra operación? de tal manera que el proceso sea mas continuo, haciendo similares o iguales los tiempos en todas las operaciones;
- sería posible utilizar un material más económico o una nueva distribución en planta que permita un flujo más adecuado y sencillo.

De lo anterior se pueden definir 10 enfoques primarios, que deben utilizarse para lograr modificaciones que beneficien al proceso y que permitan no descuidar aspectos tales como; calidad, eficiencia y efectividad.

a. Respecto de la operación:

1. finalidad de la operación,
2. diseño de la pieza,
3. tolerancias y especificaciones,
4. materiales,
5. proceso de manufactura,

b. respecto al proceso:

6. preparación de herramientas,
7. condiciones de trabajo,

8. manejo de materiales,
9. distribución del equipo en planta,
10. principios de economía de movimientos.

Estos enfoques empleados en el estudio de cada operación aumenta la posibilidad de obtener mejoras en el proceso.

Todos estos puntos de vista no podrán ser aplicados a todas las actividades u operaciones de un proceso, pero, generalmente más de una debe siempre ser considerada.

2.1 Estaciones de trabajo.

La industria a nivel mundial ha requerido del desarrollo de procesos más productivos y esto lo ha logrado en gran parte, a la especialización del trabajo, diseñando sistemas de producción continua.

Las estaciones de trabajo son unidades compuestas, generalmente, por una máquina o persona o una combinación de máquina-operación, en donde se realiza una actividad o proceso.

Las estaciones de trabajo también pueden ser grupos de personas o máquinas que realizan un trabajo específico, en una línea de producción.

2.1.1 Diseño de estaciones de trabajo.

Un buen diseño de estación de trabajo debe tomar en cuenta dos aspectos básicos que son; la funcionalidad y la comodidad. Lo funcional se refiere a que el trabajador debe realizar el trabajo de la manera más eficiente posible,

teniendo a su alcance el equipo adecuado, así como los aditamentos auxiliares de trabajo necesarios para que realice su trabajo de la manera más productiva posible.

La comodidad se refiere a que el trabajador debe realizar el menor número de movimientos innecesarios posible tales como inclinarse, agacharse, girar el cuerpo, girar la cintura, con el fin de reducir, al máximo, la fatiga.

Las estaciones de trabajo se diseñan tomando en cuenta que el trabajador debe realizar sus tareas efectuando el menor número de movimientos y tomando en cuenta el área máxima de alcance de sus extremidades y el área normal de alcance, con lo cual se pueden definir dos tipos de áreas de trabajo; el área normal y área máxima de trabajo.

El área normal de trabajo se puede definir tanto en el plano horizontal como en el vertical, tomando la distancia que puede alcanzar con su antebrazo con punto de apoyo en el codo (ver fig 2.1).

Esta área será la zona más conveniente para realizar trabajos manuales de pie o sentados, con un gasto normal de energía. para trabajos que requieran el uso de las extremidades inferiores, el área normal de trabajo se describe como el arco que puede formar la pierna, tomando como punto de apoyo la rodilla, de 0 grados a 90 grados, para operaciones donde la persona deba permanecer sentada y si la persona debe estar de pie será a un arco de 45 grados tomando como punto de apoyo la cintura.

El área máxima de trabajo, en el plano horizontal, será el arco que puede formar el brazo extendido del trabajador de 0 grados a 180 grados, para el plano vertical será de 0 grados a 90 grados, (ver fig 2). Si la persona está de pie el área máxima de trabajo será la máxima distancia que sus extremidades puedan alcanzar, sin que la persona deba inclinarse o agacharse.

FIGURA 2.1 AREA NORMAL DE TRABAJO
PARA EL PLANO HORIZONTAL

Area normal y máxima de trabajo en el plano horizontal para mujeres, en el caso de hombres multiplíquese por 1.09

Longitud total del brazo	28 plg.	Longitud de la articulación
Longitud del antebrazo	10 plg.	de extremo (dedo medio)
Longitud del brazo	12 plg.	0.9 plg.
Longitud de la mano	6.7 plg.	

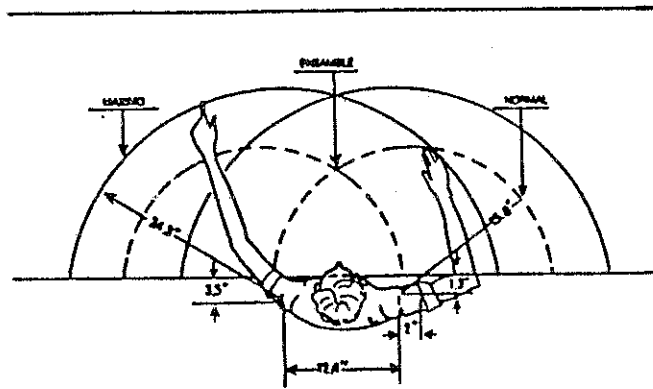
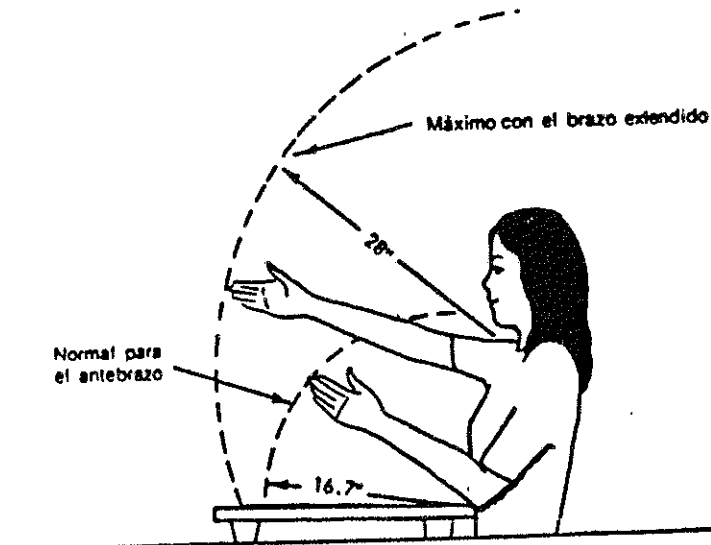


FIGURA 2.2 AREAS NORMAL Y MAXIMA
DE TRABAJO PARA EL PLANO VERTICAL



Como último punto para el diseño de estaciones de trabajo, se debe mencionar que deben considerarse para estaciones de trabajo donde el trabajador deba permanecer sentado, espacios para libre movimiento de piernas y puntos de apoyo para espalda y cuerpo, y, extremidades, con el fin de disminuir la fatiga. Las medidas a considerar para definición de áreas de trabajo deben basarse al promedio de medidas de extremidades y medidas corporales para un grupo determinado de trabajadores o sea el grupo de trabajadores en estudio, lo cual redundará en un ambiente agradable y cómodo para el trabajador.

Medidas orgonométricas para estaciones de trabajo		
Longitud de:	Hombres	Mujeres
Brazo completo	62 cm.	55 cm.
Brazo y mano	45 cm.	41 cm.
Altura promedio	166 cm.	158 cm.
Altura extemidades inferiores	92 cm.	83 cm.
Altura con brazos extendidos	195 cm.	182 cm.

Medidas orgonométricas para planos de trajo:

Plano: Promedio para hombres/mujeres

Silla de trabajo: 48 cm.

Banco de trabajo: 72 cm.

Altura de mesas (sentados) 74 cm.

Altura de mesas (parados) 98 cm.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, medidas

promedio para Guatemala, según datos de enero/1,992

2.1.2 Medidas promedio para accesorios en estaciones de trabajo.

El diseño de estaciones de trabajo debe incluir siempre un análisis del tipo de accesorios que se piensan utilizar, las sillas, mesas y bancos que se necesiten, deben diseñarse en base a las medidas corporales promedio del grupo de personas o trabajadores del área o lugar de trabajo en donde se esté realizando el estudio. La comodidad del trabajador y la posibilidad de adaptar cada accesorio a cada trabajador en particular, es el objetivo primordial de un buen diseño.

El diseño de sillas y bancos de trabajo deben cumplir con las características generales:

1. el banquillo o silla debe diseñarse de manera que pueda ser utilizado por el 98% de cantidad de trabajadores y debe proporcionar una altura que ocile entre los 90 cm hasta los 110,
2. los asientos deben tener la suficiente anchura y largo para sostener el cuerpo de una persona, con puntas redondeadas y asientos acolchonados deben tener un área aproximada de 40 cm. cuadrados, la altura del asiento, debe poderse ajustar entre los 38 cm. y los 53 cm. del piso y tener medidas de ajuste de 1 cm. Si el operario trabaja en bancos de más de 75 cm. de alto, el asiento debe permitir ajustes de altura de 45 cm. hasta 68 cm. como promedio,

3. en lo posible deben proporcionarse asientos con respaldo, dicho respaldo no debe causar presión indebida a la pelvis ó a las costillas, ni interferir con los movimientos de la espalda, debe ser ligeramente curvado, con dimensiones de, aproximadamente 10 cm. de altura y 25 cm. de ancho, es conveniente que sean reclinables y de puntas redondeadas,
4. las mesas de trabajo deben tener aproximadamente 91 cm. de alto y no más de 110 cm para trabajo donde el operario deba estar de pie, debe de tomarse en cuenta que para trabajos de pie el borde de la mesa debe quedar a la altura de los codos.

2.2 Simplificación del trabajo.

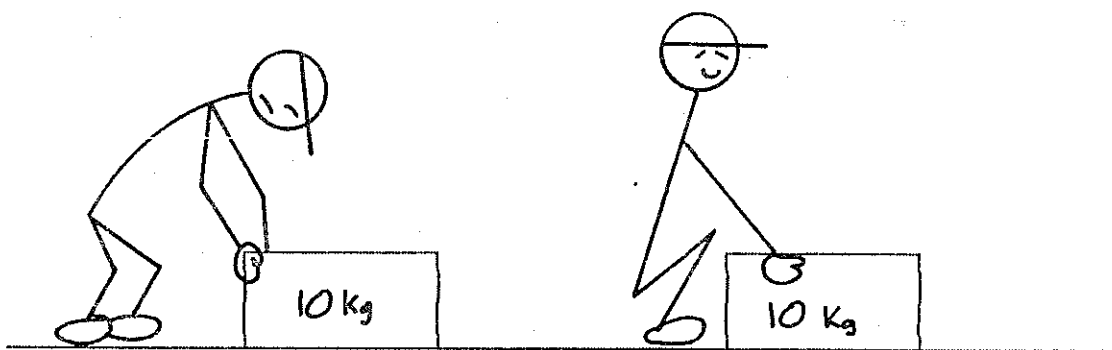
La simplificación del trabajo consiste en estudiar los movimientos corporales de una persona, con la finalidad de encontrar la manera más eficiente de realizarlos, eliminando, al máximo la fátiga corporal.

La fatiga corporal causa en un trabajador un descenso de su eficiencia productiva, para lo cual es conveniente analizar las diferentes actividades rutinarias que el trabajador realiza tales como; caminar, subir por escaleras, levantar objetos, transportar objetos, empujar y jalar objetos, posturas al sentarse o estar de pie así como los movimientos que realiza al trabajar en mesas de trabajo.

a. Levantamiento de pesos:

Reglas generales.

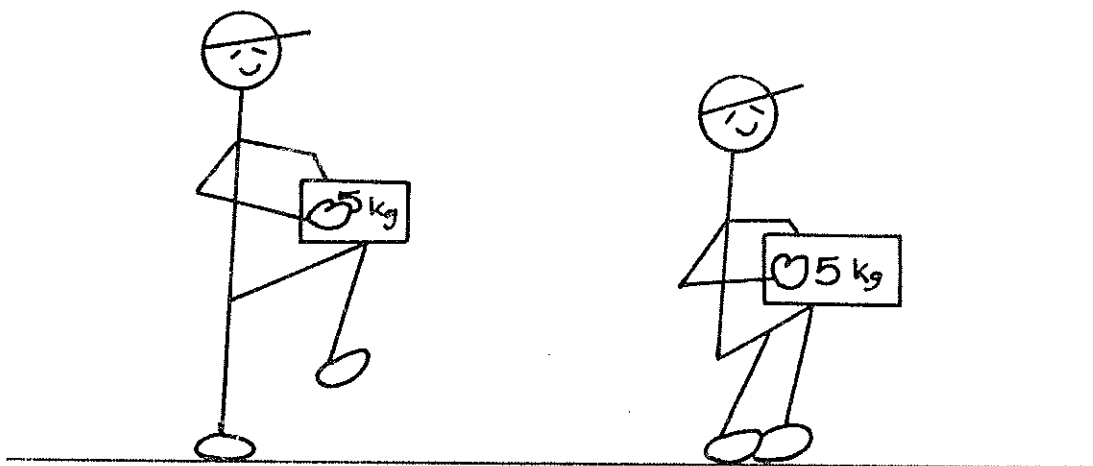
1. La persona debe estar cerca del peso y levantar el peso haciendo palanca con sus piernas y no con su espalda (ver figura 2.2.a)
2. Si el peso es pesado, la persona no se debe agachar, debe doblar las rodillas para levantar el peso.
3. Si el peso a levantar es liviano, es conveniente usar las rodillas para ayudar a levantar la carga, si es muy pesado debe utilizar las dor rodillas y enderesarse, cuidando el equilibrio.



Izquierda: los pies están demasiado separados, el mayor esfuerzo para levantar el peso se realiza con la espalda.

Derecha: la posición para levantar el objeto es más eficiente, ya que el peso se distribuye sobre las extremidades inferiores, espalda y brazos.

(figura 2.2.a)



Izquierda: cuando los pesos sean livianos, una rodilla puede ayudar a levantar mas fácilmente un peso.

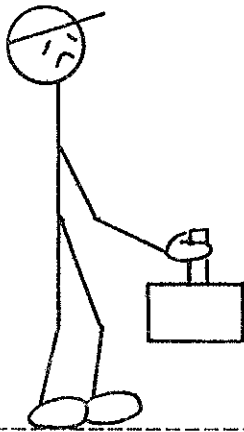
Derecha: cuando el peso es grande, es conveniente utilizar las dos rodillas, para asegurar el peso y, luego, enderezarse, cuidando el equilibrio.

(figura 2.2.b)

b. Transporte de pesos.

Para el transporte de pesos se debe considerar la distribución del peso sobre el cuerpo de la persona, así como el ángulo del codo de la persona. A continuación se muestran algunas gráficas con posiciones eficientes y no eficientes al levantar pesos.

Menos eficiente



Más eficiente

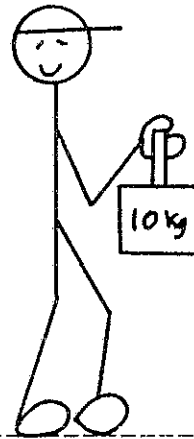
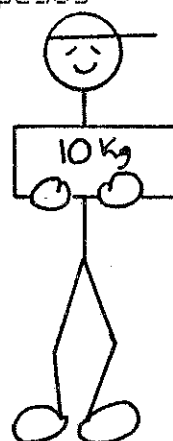
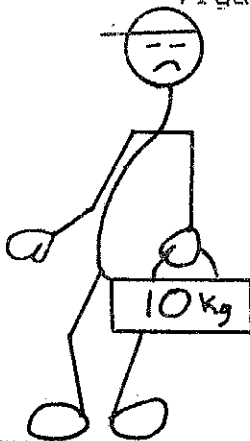


figura 2.2.c transporte de pesos



Ineficiente: cuerpo inclinado hacia un lado. los débiles dedos sostienen la carga

eficiente: cuerpo equilibrado, los fuertes sostienen la carga; el antebrazo en ángulo recto es más fuerte.

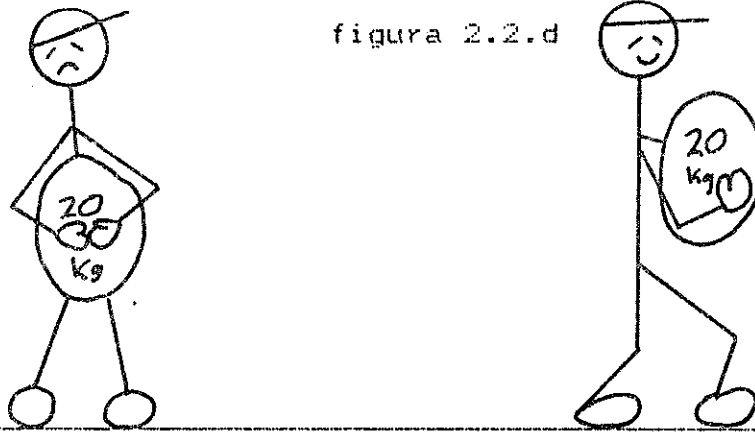


figura 2.2.d

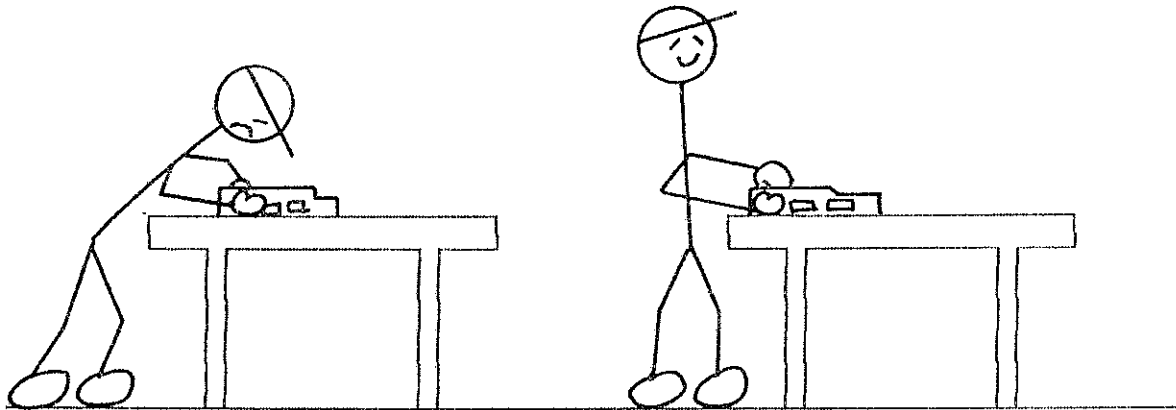
Izquierda: carga ineficiente el peso no se encuentra bien distribuido.
Derecha: carga eficiente antebrazos y/o manos debajo del paquete.

(figura 2.2.e)

c. Postura del cuerpo en mesas y bancos de trabajo:

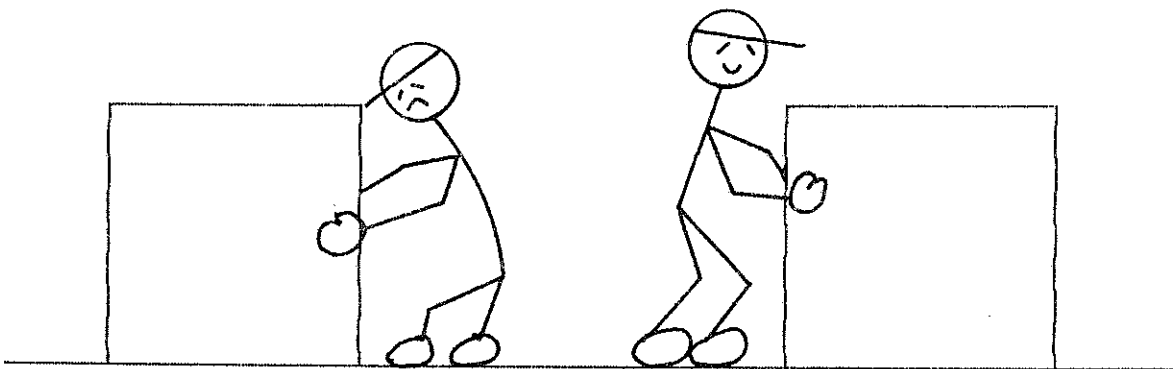
La postura del cuerpo de una persona puede aumentar o disminuir la fatiga de un operario en su puesto de trabajo, disminuyendo ó aumentando la eficiencia, por lo que deben considerarse los puntos siguientes:

- para trabajos monotonos debe disponerse el trabajo de tal manera de que pueda realizarse de pie ó sentado,
- la altura de la mesa, banco o silla de trabajo deben ser ajustables al alto de la persona,
- la altura mas conveniente de la mesa es igual a la altura del codo de la persona menos 3 cm.



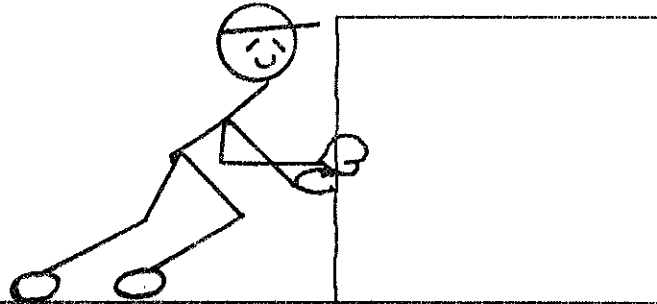
(Figura 2.4.f)

d. Métodos para mover obstáculos.



Izquierda: escasa eficiencia, hay poca tracción.

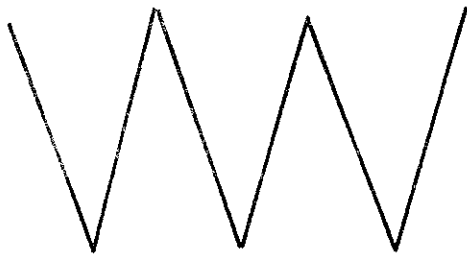
Derecha: empuje más eficiente hay más puntos de apoyo. punto de apoyo demasiado alto empuje con brazos y espalda.



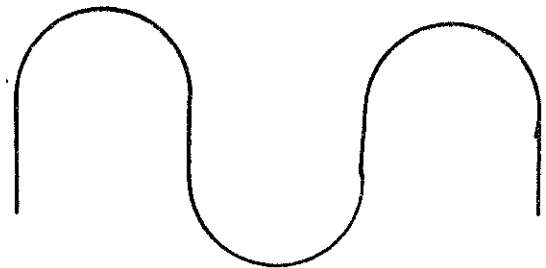
Eficiente: empuje sobre el centro del objeto, el empuje principal con hombros y piernas y parte del peso del cuerpo.

(figura 2.4.g)

f. Rendimiento de las manos o máquinas móviles, según su trayectoria.



Ineficiente: movimientos en zigzag.



eficiente: movimientos de tipo circular.



CAPITULO 3

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

El estudio visual de movimientos y micromovimientos se utiliza como una herramienta de trabajo en ingeniería de métodos, para mejorar la ejecución de un método de trabajo determinado, desarrollando técnicas de trabajo que proporcionen sistemas eficientes y efectivos de producción.

El estudio de movimientos consiste en el análisis minucioso de los distintos movimientos que realiza el cuerpo humano al realizar un trabajo, su objetivo es eliminar o reducir los movimientos ineficientes y facilitar y acelerar los eficientes. Mediante un buen estudio de movimientos, el trabajo se lleva a cabo con mayor facilidad ayudando a elevar los índices de producción.

Los esposos Gilbert fueron los primeros en realizar un estudio minucioso de los movimientos corporales y, en especial, los de tipo manual, en los procesos de manufactura, estos estudios los llevó a elaborar y formular las leyes básicas de la economía de movimientos, así como las técnicas del estudio de movimientos y de micromovimientos, en donde fueron los primeros en utilizar cinta cinematográfica para el estudio y mejora de operaciones manuales repetitivas.

El estudio de movimientos comprende dos tipos de refinamientos de estudio, los cuales son:

- a) estudio visual de movimientos,
- b) estudio de micromovimientos.

El estudio visual de movimientos comprende la observación cuidadosa de las operaciones y la elaboración cuidadosa del diagrama de proceso del operario o diagrama bimanual, el cual se analiza, tomando en cuenta las leyes básicas de la economía de movimientos y haciendo las mejoras correspondientes para aumentar la eficiencia de la operación.

El análisis de micromovimientos consiste en un estudio minucioso de operaciones repetitivas, en donde se utilizan combinaciones de movimientos manuales con ciclos de duración muy cortos, para lo cual se utiliza tomas cinematográficas o de video, para el estudio detallado de las mismas.

En la actualidad, gracias a los avances tecnológicos y al bajo costo de hacer tomas con video, en ambos tipos de estudio se utilizan tomas en video cinta para el análisis de las operaciones y diferirán únicamente en el grado de profundidad y exactitud con que se realice el estudio.

3.1 Movimientos fundamentales o Therbligs.

Frank Gilberth, con la ayuda de su esposa, desarrollo el concepto de divisiones básicas del trabajo y mediante estudios realizados en base a tomas de cinta cinematográfica, determinó que existen 17 movimientos básicos para efectuar operaciones manuales.

A estos movimientos los denominó "Therbligs", su apellido deletreado al revés, en la tabla siguiente se muestra una lista con los 17 therbligs , con sus símbolos distintivos.

Tabla 3.1

Nombre del Therblig.	Símbolo adoptado	Color distintivo
Buscar	B	Negro
Seleccionar	SE	Gris claro
Tomar (o asir)	T	Rojo
Alcanzar	AL	Verde olivo
Mover	M	Verde
Sostener	SO	Cafe claro
Soltar	SL	Fucsia
Colocar en posición	F	Azul
Precolocar en posición	FP	Celeste
Inspeccionar	I	Beije
Ensamblar	E	Violeta oscuro
Desensamblar	DE	Violeta claro
Usar	U	Púrpura
Demora evitable	DI	Amarillo
Demora inevitable	DEv	Amarillo limon
Planear	PL	Cafe oscuro
Descansar	DES	Naranja

A continuación se da una breve definición de cada uno de los therbligs que presenta la tabla anterior, de acuerdo a las definiciones que proporciona el glosario de términos empleados en métodos estudio de tiempos e incentivos en salarios de la "Society for the advancement of management".

1. **Buscar:** es el elemento básico en la operación de localizar un objeto y es la parte del ciclo durante la cual los ojos y las manos se mueven para localizar un objeto. Comienza en el instante en que los ojos se dirigen o mueven con el fin de localizar un objeto y termina en el instante en que se fijan en el objeto encontrado.
2. **Seleccionar:** es el elemento que efectúa el operario cuando tiene que escoger una pieza entre dos o más semejantes. Este therblig sigue, generalmente, al de buscar. A veces la selección puede existir sin la búsqueda sobre todo cuando se trata de un ensamblaje selectivo, en este caso suele ir precedida de la inspección.
3. **Tomar (o asir):** este therblig es el movimiento que realiza la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza o parte para asirla en una operación. Comienza cuando los dedos de una o de ambas manos empiezan a cerrarse alrededor de un objeto para tener control de él y termina en el instante en que se logra dicho control. El "tomar", casi siempre va precedido de alcanzar y seguido de mover.

4. Alcanzar: este therblig corresponde al movimiento de una mano vacía, sin resistencia, hacia un objeto o retirandola de él. Principia en el instante en que la mano se mueve hacia un objeto o sitio y finaliza en cuanto se detiene el movimiento al llegar al objeto o al sitio. Este elemento va precedido casi siempre del de "soltar" y seguido del de "tomar".
5. Mover: es la división básica que corresponde al movimiento de la mano con carga. Esta última puede ser en forma de presión. "mover" se denominó en un principio "trasporte con carga". Este therblig comienza en cuanto la mano con carga se mueve hacia un sitio o ubicación general y termina en el instante en que el movimiento se detiene al llegar a su destino. Mover está precedido casi siempre de asir y seguido de soltar o de colocar en posición.
6. Sostener: ésta es la división básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta trabajo útil. El sostener comienza en el instante en que una mano ejerce control sobre el objeto y termina en el momento en que la otra completa su trabajo sobre el mismo. Un ejemplo típico de sostener ocurre cuando la mano derecha sostiene un perno mientras la izquierda enrosca una tuerca.
7. Soltar: este elemento es la división básica que ocurre cuando el operario abandona el control del objeto.

"soltar" es el therblig que se ejecuta en el más breve tiempo y es muy poco lo que puede hacerse para alterar el tiempo en que se realiza este therblig objetivo.

El "soltar" comienza en el momento en que los dedos empiezan a separarse de la pieza sostenida y termina en el instante en que todos los dedos quedan libres de ella. Este therblig va casi precedido por mover o colocar en posición y seguido por alcanzar.

8. Colocar en posición: es el elemento de trabajo que consiste en situar o colocar un objeto de modo que quede orientado propiamente en un sitio específico, comienza en el instante en que la mano o las manos, que controlan el objeto comienzan a manipular, voltear, girar o deslizar la pieza para orientarla hacia el sitio correcto y finaliza tan pronto la mano empieza a alejarse del objeto.

9. Precolocar en posición: este elemento de trabajo consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que pueda tomarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite.

La precolocación en posición ocurre frecuentemente junto con otros therbligs, como mover y es la división básica que dispone una pieza de manera que quede en posición adecuada para su utilización ó montaje.

10. Inspeccionar: este therblig es un elemento incluido en la operación para asegurar una calidad aceptable, mediante una verificación regular realizada por el trabajador que

efectúa la operación. Se lleva a cabo una inspección cuando el fin principal es comparar un objeto dado con un patrón o estándar.

11. Ensamblar: el elemento "ensamblar" en la división que ocurre cuando se reúnen dos piezas o componentes. El ensamblar suele ir precedido de colocar en posición o mover y generalmente va seguido de soltar. Comienza en el instante en que las dos piezas a unir se ponen en contacto, y termina al completarse la unión.
12. Desensamblar: este therblig es lo contrario a ensamblar y ocurre cuando se separan piezas o componentes unidas.
13. Usar: este therblig ocurre cuando una o las dos manos controlan un objeto, durante parte del ciclo en que se ejecuta trabajo productivo. El usar se detecta fácilmente, ya que este therblig hace progresar la operación hacia su objetivo final.
14. Demora (o retraso) inevitable: la dilación inevitable es una interrupción que el operario no puede evitar en la continuidad del trabajo. Corresponde al tiempo muerto en el ciclo del trabajo experimentado por una o ambas manos según la naturaleza del proceso. Puesto que el operario no puede controlar las demoras inevitables, su eliminación del ciclo requiere que el proceso se cambie en alguna forma.
15. Demora (o retraso) evitable: todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, intencional o no

intencionalmente, se clasifica bajo este elemento. Todos estos retrasos deben ser eliminados del proceso.

16. Planear: este therblig es el proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir. Puede aparecer en cualquier etapa del ciclo y suele descubrirse fácilmente en forma de una vacilación o duda, después de haber localizado todos los componentes.
17. Descanzar: esta clase de retraso aparece rara vez en un ciclo de trabajo, pero suele aparecer periódicamente como necesidad que experimenta el operario de reponerse de la fatiga. La duración del descanso para sobrellevar la fatiga varía, según el tipo de trabajo y se toma como una concesión de trabajo, lo cual se explicará en capítulos posteriores.

Los diecisiete therbligs anteriores pueden clasificarse en therbligs efectivos y therbligs inefectivos. Los efectivos son los que deben predominar en un ciclo de trabajo y los inefectivos los que se debe tratar de eliminar del ciclo de trabajo. Otra clasificación de los therbligs se presenta a continuación dependiendo de su naturaleza;

a. eficientes o efectivos:

de naturaleza
física o muscular.

- alcanzar,
- mover,
- tomar,
- soltar,
- precolocar en posición.

de naturaleza
objetiva o concreta.

- usar,
- ensamblar,
- desensamblar.

b) ineficientes o inefectivos.

elementos mentales
o semimentales.

- buscar,
- seleccionar,
- colocar en posición,
- inspeccionar,
- planear.

demoras o dilaciones

- retraso inevitable,
- retraso evitable,
- descansar,
- sostener.

3.2 Principios de la economía de movimientos.

Estos principios también fueron formulados por los esposos Gilberth y perfeccionados por Ralph M. Barnes. Consisten en una serie de normas que el observador de métodos debe tomar en cuenta cuando analiza una operación. No en todos los trabajos se pueden aplicar, pero, son muy útiles tanto en la técnica visual de estudio de movimientos como en la de micro movimientos.

Estos principios pueden clasificarse en tres subdivisiones:

- referentes al uso del cuerpo humano,

- referentes a la disposición y condiciones del lugar de trabajo,
- referentes al diseño de estaciones de trabajo herramienta y equipo.

3.2.1 Relativos al uso del cuerpo humano.

1. Ambas manos deben comenzar y terminar, simultáneamente los elementos o divisiones básicas del trabajo y no deben permanecer inactivas al mismo tiempo, excepto, durante los periodos de descanso.
2. Los movimientos de las manos deben ser simétricos y efectuarse, simultáneamente, al alejarse del cuerpo y acercándose a éste.
3. Siempre que sea posible, debe aprovecharse el impulso o ímpetu físico como ayuda al obrero y reducirse a un mínimo cuando haya que ser contrarrestado mediante su esfuerzo muscular.
4. Son preferibles los movimientos continuos en línea curva en vez de los rectilíneos que impliquen cambios de dirección repentinos y bruscos.
5. Debe emplearse el menor número de elementos o therbligs, y éstos se deben limitar a los de más bajo orden o clasificación posible, como lo son:
 - a. movimiento de los dedos,
 - b. movimiento de dedos y muñecas,
 - c. movimientos de dedos, muñeca y antebrazo,

- d. movimientos de dedos, muñeca, antebrazo y brazo,
 - e. movimientos de dedos, muñeca, antebrazo, brazo y todo el cuerpo.
6. Debe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el efectuado con las manos.
 7. Los dedos medio y pulgar son los más fuertes para el trabajo, el dedo índice, anular y el meñique no pueden soportar o manejar cargas considerables por largo tiempo. Para asir, herramientas deben emplearse las falanges o segmentos de los dedos más cercanos a la palma de la mano.
 8. Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operario se encuentra de pie. Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.

CAPITULO 4

ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos tiene como objetivo establecer patrones de tiempo, con el fin de conocer en qué tan largo o corto es el tiempo de fabricar un producto y cuál es el tiempo que se tarda en ser procesado en cada parte del sistema de manufactura.

De un buen estudio de tiempos se deben obtener los resultados siguientes:

1. tiempos de ejecución de las operaciones estables y congruentes con la realidad del proceso,
2. establecer datos confiables de tiempo con los cuales poder planificar y establecer metas de producción,
3. datos de tiempo justos con los cuales se puedan establecer tasas salariales adecuadas, metas e incentivos.

En la actualidad se han empleado tres métodos para determinar estandares de tiempo; los cuales son:

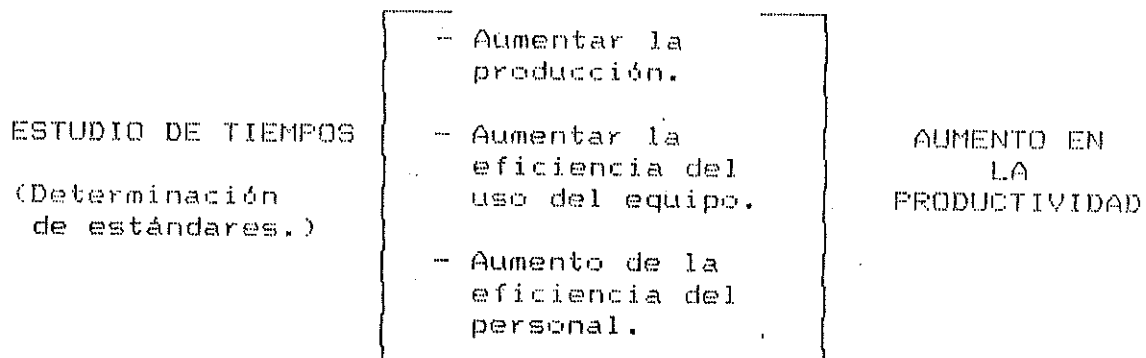
- estimaciones en base a experiencia,
- registros históricos de producciones anteriores,
- medición del trabajo.

La experiencia ha demostrado que no es posible establecer estandares de producción consistentes y justos, con el simple expediente de dar un vistazo al trabajo y, luego, estimar el tiempo requerido para efectuarlo, por lo que el método de estimaciones está prácticamente, en desuso, y no es recomendable utilizarlo.

En el método de registros históricos, los estándares de producción se buscan en los registros de trabajos semejantes realizados con anterioridad. Este método da resultados más fidedignos que el de las estimaciones, pero no aporta resultados suficientemente válidos para asegurar que haya valores equitativos y competitivos de costos de mano de obra.

Los estándares de tiempo cuidadosamente establecidos, dan la oportunidad de crear las condiciones necesarias para elevar el nivel de producción en una planta de manufactura, mediante el uso eficiente del equipo y personal que la opera. Tener al alcance buenos estándares de tiempo tienen muchas aplicaciones y pueden significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un negocio.

Los estándares deben ser utilizados con fines de planeamiento y para la comparación y evaluación de métodos en alternativa, una distribución eficaz del equipo en planta, determinar capacidades, compra de nuevo equipo, equilibrar la fuerza de trabajo con trabajo disponible, control de producción implantación de incentivos, control de costos, estándares y presupuestos, son algunas de las aplicaciones más importantes de los estándares de tiempo.



Mediante el estudio de tiempos:

- * se disminuyen costos ocultos,
- * se optimiza la utilización de la capacidad instalada.

4.1 Relación del estudio de tiempos con trabajo y salario.

El principio fundamental es que el trabajador tiene derecho a una percepción justa de salario por día de trabajo, a cambio del cual la compañía tiene derecho a un día justo de trabajo.

4.1.1 Día justo de trabajo.

Es la cantidad de trabajo que puede desarrollar una persona competente, laborando a un ritmo normal, utilizando efectivamente su tiempo, en tanto las limitaciones del proceso no restrinjan su trabajo.

LIMITACIONES DEL PROCESO

- Distribución en planta no planificada e inadecuada.
- Métodos de trabajo ineficientes, con actividades sin optimizar.
- Herramientas y maquinaria en mal estado, equipo obsoleto.

4.1.2 Trabajador competente.

Este tipo de trabajador es un individuo representativo en promedio, de los trabajadores bien entrenados y capaces de efectuar un trabajo satisfactoriamente, de acuerdo con las exigencias del trabajo en cuestión.

4.1.3 Ritmo normal de trabajo.

Es la rapidez efectiva de actuación de un operario concienzudo autodisciplinado y competente, cuando no trabaja despacio ni a prisa y da debida atención a las exigencias físicas, mentales y visuales de un trabajo o tarea específica.

4.1.4 Utilización efectiva.

Se refiere al mantenimiento de un ritmo normal al ejecutar los elementos esenciales de una operación, durante el tiempo de trabajo (la jornada de trabajo) exceptuando los que se requieren para descanso razonable y necesidades personales en circunstancias en que el trabajo no está sujeto a limitantes de proceso, equipo o de otra característica fuera del control del trabajador.

4.2 Requisitos para el estudio de tiempos.

Una vez definidos los objetivos del estudio de tiempos, se debe establecer un marco de referencia que incluya las condiciones ideales para que el estudio sea lo más exacto y confiable posible para lo cual se deben considerar tres puntos importantes:

- requisitos que debe llenar el analista que se encarga de realizar las mediciones de tiempo,
- estandarización del método a estudiar,
- requisitos que debe llenar el operario al que se le cronometrará el tiempo que toma en realizar sus tareas,
- informaciones y aclaraciones que deben dar a conocer los encargados del estudio de tiempos a los trabajadores y miembros del sindicato sobre los objetivos del estudio de tiempos,

4.2.1 Requisitos del analista de tiempos.

El analista encargado de la toma de tiempos debe ser adiestrado previamente sobre la técnica de estudiar la operación. Esto consiste en que el analista debe saber cuál es la forma correcta de efectuar la operación, con el objetivo de conocer cuáles son los puntos importantes de la operación y los movimientos fundamentales que se deben realizar de tal manera que domine la forma correcta de ejecución de la operación y, por consiguiente, desarrolle la habilidad para estudiarla.

4.2.2 Estandarización del método a estudiar.

El método que se pretende estudiar y medir para obtener estándares de tiempo, la operación debe haber sido previamente analizada mediante un estudio de métodos y movimientos, de este análisis previo, se puede determinar cuál es la mejor manera de realizar la operación en estudio, de acuerdo a las condiciones de trabajo existentes.

Cuando la operación ha sido pulida, eliminándose todos los movimientos innecesarios y se ha optimizado, se procede a hacer tomas de tiempo, cronometración, lo cual es el primer paso para obtener estándares de tiempo.

4.2.3 Requisitos que debe llenar el operario que efectúa la operación a estudiar.

Las condiciones óptimas que deben ser obtenidas para que el estudio presente datos confiables incluye también la selección de la persona que realizará la actividad ó operación a estudiar, esta persona debe ser un trabajador competente que trabaje a un ritmo normal de trabajo y que esté capacitado para realizar las operaciones de una manera efectiva y eficiente conforme a las limitaciones del proceso, debe ser, en el mejor de los casos, un operario representativo del grupo de trabajadores que integran la fábrica o, sea, que debe ser capaz de trabajar a un nivel promedio, efectuando la cantidad de operaciones necesarias para encontrarse lo más cerca de la media de producción estándar de la fábrica.

No es recomendable utilizar operarios muy antiguos o muy expertos, ya que esto alteraría la exactitud de los datos.

El operario que se elija debe estar consiente de los objetivos del estudio, de los beneficios que se obtendrán del mismo, tanto para el trabajador como para la empresa.

4.2.4 Información que debe ser trasmitida a los trabajadores y sindicato, sobre el estudio.

Es importante que el representante sindical, el capataz o supervisor y el obrero o trabajador, sepan que se estudiará el trabajo y los beneficios que se pueden obtener del estudio. Esto se hace con el fin de no crear malos entendidos y se obtenga toda la cooperación necesaria de parte de todos los trabajadores.

Es conveniente que los representantes del sindicato se encuentren bien informados sobre los procedimientos del estudio que se pretende con el estudio, cuáles son las metas, que beneficios obtendrán los trabajadores, que beneficios obtendrá la empresa, etc.

Es importante que los representantes del sindicato participen en la selección de operarios aptos para realizar el estudio.

4.3 Elementos del estudio de tiempos.

Los elementos necesarios para realizar un buen estudio de tiempos comprenden los aspectos siguientes;

1. equipo necesario,
2. definición de etapas a estudiar,
3. colocación del observador, analista,
4. división de la operación en elementos.

4.3.1 Equipo.

El equipo indispensable para realizar el estudio lo constituye lo siguiente;

- cronómetro,
- tablero con hoja de estudio,
- equipo de escritorio (calculadora, cinta metrica, lápiz y papel, etc),
- cámara de video.

Cronómetros: existen muchas clases de cronómetros, con diferentes escalas de medición de tiempo, dependiendo del tipo de actividad que se necesite cronometrar, pero, básicamente se pueden organizar en dos grupos; los centesimales y los sexagesimales. La diferencia entre estos dos grupos es la base que utilizan para tomar las fracciones de tiempo que cronometran, los primeros lo hacen tomando como base el 100 y los segundos el 60. Si una toma de tiempo con un cronómetro sexagesimal marca 4.30 minutos esto se leerá como 4 minutos 30 segundos, mientras que en un reloj

centesimal se leerá como 4 minutos 0.5 segundos (30/60).

Estos tipos de cronómetros se pueden encontrar en el mercado de tipo analógicos, de agujas y digitales; actualmente, los relojes digitales, por su exactitud, presentan una mejor opción, ya que tienen varias escalas para realizar tomas de tiempo, son más fáciles de utilizar, más exactos y no necesitan mantenimiento para mantener su exactitud.

Tablero con hoja de estudio: esta hoja de estudio se utiliza como una herramienta que facilita la anotación e interpretación de los datos de tiempo cronometrados durante el estudio de tiempos. Esta hoja de tiempos consiste en un formato en donde se registrarán los tiempos de las operaciones separadas por elementos, tiene espacio, aproximadamente, para realizar 15 mediciones por operación y tomar nota de 14 elementos de la operación. Básicamente, consta de dos partes una donde se encuentra la información de la toma de tiempos, incluyendo espacio para anotar calificaciones de actuación, márgenes y tolerancias y totales de tiempos estándar. La otra parte consiste en un espacio reservado para dibujar un croquis detallado de la estación de trabajo que se está estudiando, así como de un formato para elaborar el diagrama bimanual de la operación y un área para colocar un dibujo de las piezas que se procesan en la estación de trabajo.

Equipo de escritorio: este equipo consta de una calculadora para realizar operaciones con mayor facilidad, se recomienda utilizar lápiz para cuando se hacen anotaciones de tiempos en la hoja de toma de tiempos, el lapicero es

conveniente para informes finales o borradores de informe que ya han sido revisados.

Cámara de video: este auxiliar de trabajo, en la actualidad, se ha presentado como una de las mejores opciones para realizar un estudio de tiempos, ya que presenta mucha versatilidad como instrumento de análisis, por las diferentes ventajas que presenta, como exposición de película en cámara lenta, capacidad de adelantar o atrazar la película y verla repetidas veces, lo cual representa gran ventaja para el analista, y obtener así datos más confiables y precisos.

4.3.2 Definición de etapas a estudiar.

Con el fin de obtener resultados rápidos y objetivos, es recomendable establecer un programa de las partes que se van a cronometrar de la operación, para lo cual se necesita contar con los elementos siguientes, antes de comenzar el proceso de cronometración:

- a. elaboración del croquis de la estación de trabajo a estudiar, donde se deberán mostrar todos los detalles que afecten al método que se está utilizando para realizar la operación en estudio. El croquis mostrará claramente las medidas de la estación de trabajo, áreas: normal y máxima de trabajo, áreas de depósito de materia prima y área de descarga de las partes terminadas, también debe incluir la localización de herramientas y utensilios de trabajo,

b. elaboración del diagrama de proceso del operario, diagrama bimanual, donde se presentan todos los movimientos que realiza el operario en la estación de trabajo, describiendo los movimientos de la mano derecha y mano izquierda, siempre es recomendable terminar este diagrama antes de empezar a tomar tiempos. En trabajos donde se combinan operaciones de manuales con automáticas, operarios que manejan máquinas grandes como tornos, fresadoras, guillotinas, etc, el diagrama que se recomienda utilizar es de hombre-máquina estos dos tipos de diagramas darán al operario una mayor idea de la forma correcta de realizar la operación y de cómo tomar tiempos.

4.3.3 Colocación de observador, analista.

Una vez que el analista ha realizado un acercamiento correcto con el operario y ha registrado toda la información importante del método a estudiar, estará listo para tomar tiempos, tomando en cuenta las siguientes sugerencias; el observador que toma tiempos debe colocarse a una distancia que le permita observar con todo detalle la operación y, a la vez, no causar ninguna interferencia o distracción al operario. Debe evitarse toda conversación para que el operario no pierda la concentración y no se trastorne su ritmo de trabajo.

El analista debe permanecer de pie, de esta manera podrá moverse y seguir los movimientos del operario con facilidad, realizando mejores observaciones. Las consideraciones anteriores deben tenerse en cuenta también en el caso de que el analista realice tomas con cámara de video. La filmación de operaciones con cámara de video permiten una mejor opción para el análisis y toma de tiempos de una operación, ya que se pueden captar mejor todos los movimientos, realizando mejores tomas de tiempos para operaciones difíciles, ya que la cámara de video tiene la facilidad de observar la filmación a diferentes velocidades y el analista puede hacer las tomas de tiempo en la comodidad de su oficina, dando lugar a mejores cronometraciones.

4.3.4 División de la operación en elementos.

Los elementos en los que se va a dividir la operación deben determinarse antes de comenzar el estudio. Divisiones elementales de, aproximadamente, 0.04 minutos son las más pequeñas que pueden ser leídas consistentemente por un observador normal, se recomienda tomar divisiones de la operación entre 4 y 5 segundos, como mínimo. Para identificar el principio y el final de los elementos y desarrollar consistencia en las lecturas cronométricas, de un ciclo a otro, deberá tenerse en consideración, tanto el sentido auditivo como el visual. Cada elemento debe registrarse en un orden y secuencia, apropiados y lógicos e incluir una división básica del trabajo que termine con un

sonido o movimiento característico o fácil de distinguir.

El tener elementos estandares como base para la división de una operación es de especial importancia en el establecimiento de datos estándares. Las reglas principales para efectuar la división de operaciones en elementos son:

1. asegurarse de que son necesarios todos los elementos que se efectúan en la operación,
2. conservar siempre por separado los tiempos de máquina y los de ejecución manual,
3. no confundir constantes con variables. el tiempo de ejecución de una operación automática siempre es constante mientras que una manual no,
4. seleccionar elementos que sea posible identificar en cuanto a punto: inicial y terminal con algún sonido característico o movimiento,
5. seleccionar los elementos de manera que puedan ser cronometrados con facilidad y exactitud, agrupando, si es necesario, movimientos similares o del mismo tipo que mantengan una secuencia lógica.

4.4 Toma de tiempos, cronometración.

Existen dos técnicas básicas para anotar los tiempos elementales durante un estudio; el método continuo y el método de regresión a cero.

4.4.1 Método continuo de toma de tiempos.

En este método el cronómetro se deja correr durante todo el ciclo de la operación y se lee el cronómetro en el punto terminal de cada elemento, para determinar el tiempo de cada elemento, se resta el tiempo de la operación anterior, según la ecuación:

$$T(i) = T(i) - T(i-1)$$

de tal forma que el tiempo para la operación número uno de un proceso cronometrado será; $T(1) = T(1) - 0$, ya que antes de $T(1)$ no había ninguna anotación de tiempo y el tiempo para la operación dos será; $T(2) = T(2) - T(1)$ y, así, sucesivamente, con todas las divisiones del ciclo. Este método es recomendable utilizarlo en ciclos de trabajo u operaciones que estén divididas en elementos de tiempos cortos tales como operaciones manuales y semiautomáticas.

4.4.2 Método de regreso a cero.

En este método el cronómetro se lee en la terminación de cada elemento del ciclo y, luego, se regresa a cero antes de la siguiente toma. Este método se adapta muy bien a estudios donde predominan elementos con tiempos largos y pausas dentro

de cada una de las divisiones del ciclo, dichas pausas podrian ser tiempos de descarga constantes o de utilización de una máquina cuyo tiempo de operación también es una constante o no varía considerablemente ($\pm 5\%$).

Este método presenta algunas desventajas en comparación con el método continuo, las cuales son:

1. se pierde tiempo al regresar a cero el cronometro, por lo que introduce un error acumulativo en el estudio,
2. es difícil tomar el tiempo de elementos cortos, menores de 30 segundos,
3. no se obtiene un registro completo en el estudio ya que no se toman en cuenta los tiempos ocultos, que se dan cuando ocurre un atraso o elementos extraños se introducen, tales como pérdida de una herramienta, distracción por parte del operario, interrupción por parte del supervisor, etc,
4. se propicia el descuido por parte del analista de tiempos,
5. no se puede verificar el tiempo total de la operación sumando los tiempos de las lecturas elementales.

En el método continuo se obtiene como ventaja principal que el registro de todo el periodo de la operación es completo, en donde se incluyen retrasos inevitables, como tomar agua, necesidades fisiológicas, cambio de alguna pieza o herramienta por desgaste y elementos extraños tales como fallas momentáneas del sistema, interrupciones, lo cual resulta de agrado para el operario y sus representantes al no

ser olvidados estos tiempos de elementos que no pueden ser eliminados con anterioridad.

La única desventaja que presenta este método es que requiere de más trabajo de oficina, para encontrar los tiempos exactos de cada elemento del ciclo estudiado.

ELEMENTOS EXTRAÑOS

- interrupciones varias fuera de lugar,
- tomar un descanso causado por fatiga,
- fallas momentaneas de maquinaria.

RETRAZOS
INEVITABLES

- satisfacción de necesidades fisiológicas,
- cambio de piezas de máquina o herramientas por desgaste,
- demoras por abastecimiento de materia prima.

4.5 Número de ciclos a estudiar.

Para determinar el número de veces que una operación debe ser cronometrada, se tomará como base la tabla desarrollada por la General Electric Company, para estudio de tiempos, la cual se muestra en la tabla siguiente:

Tiempo de Ciclo En Minutos (min)	Número de ciclos a Estudiar
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
10.01-20.00	8
20.01-40.00	5
40.01-En adelante	3

Fuente: Time Study Manuel, Erie Works, referencia 1
página 304.

La Tabla anterior es una guía rápida para hacer estimaciones del número de tomas de tiempos necesarias para diferentes ciclos de tiempo. Fue diseñada con base en estudios minuciosos, de diversas operaciones en diferentes tipos de procesos, por la General Electric Company, las cuales han demostrado ser muy efectivas.

Es posible determinar matemáticamente, el número de ciclos que deben ser estudiados en una operación, utilizando una muestra confiable de datos. Se sabe que los promedios de las muestras tomados de una distribución normal serán distribuidos normalmente respecto de la media de la población

designada como "MU", de lo anterior se puede determinar el número de observaciones óptimo, mediante el siguiente análisis estadístico.

La desviación estándar de la población se define como (5)

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_m)^2}{(n-1)} \right]^{(1/2)}$$

Donde: X_m es la media de la población.

La desviación se tomará de un grupo de datos ya sea históricos o hechos al azar, se determinará un intervalo de confianza del cual se despejará N.

Si la muestra es mayor de 30 ($n > 30$) se utiliza una distribución normal.

$$(1) \quad X_m \pm Z [S/(n^{1/2})]$$

Si la muestra es menor de 30 ($n < 30$) se utiliza una distribución t de Student.

$$(2) \quad X_m \pm t [S/(n^{1/2})]$$

Luego, se determinará N utilizando las tablas de probabilidad para T de student o Z distribución normal, según sea el caso, de la manera siguiente:

el número de lecturas a efectuar se determina para una exactitud dada (90%, 95%, etc) igualando las ecuaciones (1) y (2) según el caso, a un porcentaje de X_m llamado K

Por lo que los valores de N estarán dados, según las ecuaciones siguientes:

$$a) n < 30 \quad N = \frac{S * T}{K * X_m}$$

$$b) n > 30 \quad N = \frac{Z * S}{K * X_m}$$

Ejemplo

Si 25 lecturas de cierto elemento indican una media $X_m = 0.30$ min, y, una desviación estándar $S = 0.09$ min, y, se requiere que los promedios de la muestra se encuentren dentro del 5% +/- de la media μ de la población con un 95 % de confianza, el cálculo será;

$$b) n < 30 \quad N = \frac{T * S}{K * X_m} = \frac{(2.06)(0.09)}{(0.05)(0.30)} = 152$$

En este caso se necesitaran 152 tomas de tiempo para obtener una exactitud del 95%.

4.6 Calificación de actuación.

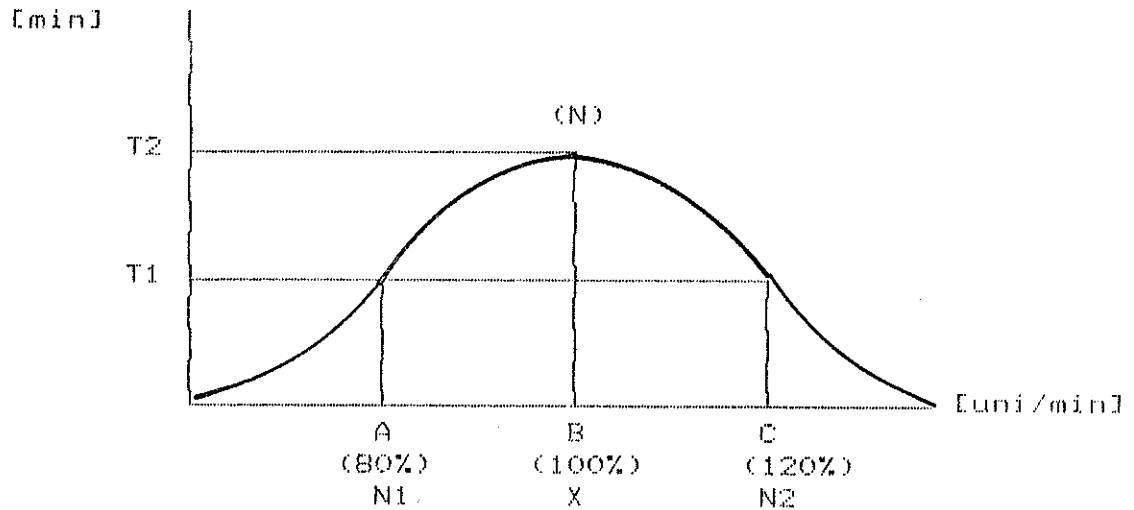
En el sistema de calificación de actuación o nivelación, el analista evalúa la eficiencia del operario en términos del concepto de un operario normal.

Por operario normal se define al obrero o trabajador, preparado, con experiencia, que trabaja a un ritmo normal de trabajo, ni muy rápido ni muy despacio y representa teóricamente, el promedio o la media de un grupo de trabajadores.

El trabajador normal sólo existe en la mente del analista de tiempos, como prototipo, y es el resultado de un exigente plan de entrenamiento y una amplia experiencia en la medición de una gran variedad de trabajos.

Para términos prácticos, se definen tres tipos de operarios clásicos: operario inexperto, operario normal y operario experto.

El operario inexperto es aquel que trabaja a un menor ritmo del normal y el experto es aquel que trabaja a un ritmo mayor que el normal. Si se representan estos tres tipos de trabajadores en una gráfica, tiempo (min) Vrs. unidades producidas (uni/min) se podría decir que el operario inexperto es aquel que trabaja a un porcentaje de eficiencia menor que el de un operario normal y el experto el que trabaja a un porcentaje mayor.



GRAFICA 4.6.a: Calificación de actuación.

En la grafica 4.6.a, se muestran tres situaciones, un operario inexperto (A), que realiza N_1 operaciones en un tiempo T_1 , a éste se le asigna un valor de calificación del 80%, al operario X, que se encuentra en la media, se le asigna una calificación del 100%, ya que cumple con las unidades requeridas en el tiempo esperado (N) al realizar N operaciones en un tiempo T_2 , lo cual es el estándar. El operario (B) es un operario experto, que realiza muchas más operaciones en un tiempo corto en relacion al inexperto y al normal, este es un operario altamente calificado, que se le asigna una calificación de 120%, que se desfasa de la media hacia la derecha, produciendo N_2 unidades en un tiempo T_1 . Esta es la razón por la que se pueden calificar operarios arriba del 100%, ya que el 100% sólo representa la media o lo esperado, en cuanto a la eficiencia de un operario y es de esperar que en un grupo de trabajadores, la eficiencia y

efectividad del grupo presente una distribución similar al representado por la gráfica.

Algunos criterios de calificación se presentan a continuación para tener un marco de referencia, aplicable a diferentes actividades, especialmente, a la industria manufacturera.

4.6.1 Criterios de calificación de la eficacia con base en Porcentajes.

Debajo del 60 %.

Este nivel de calificación se utiliza para operarios novatos, sin experiencia en la tarea a realizar, poseen poca o ninguna habilidad. Estos operarios es recomendable no tomarlos en cuenta en el momento de la toma de tiempos para obtener estándares, pero si la muestra es muy pequeña, pueden ser tomados y calificados con este porcentaje.

Debajo del 85 %.

Este nivel de calificación se emplea para operarios que al momento del estudio se encuentran nerviosos o que la operación que en ese momento desarrollan, no es de su dominio total o que no están debidamente preparados para realizar la tarea por falta de entrenamiento, equipo o mal funcionamiento de maquinaria.

Rango entre el 85% y el 89%.

Los operarios que trabajan a este nivel, son los que se observan realizando movimientos innecesarios, en cada ciclo de lo cual causa variaciones en los valores de los tiempos elementales. Las características de este tipo de trabajador son, generalmente, las siguientes:

- no existe certeza en sus movimientos,
- carece de ritmo y coordinación al manejar las herramientas,
- busca constantemente objetos o piezas de trabajo,
- se distraen con frecuencia, no demostrando confianza en el desempeño de su tareas cometiendo errores y necesitando constantemente de supervisión.

Los empleados expertos que trabajan bajo estas características, pueden clasificarse como faltos de interés en el trabajo, perezosos o sin disposición a cooperar con el estudio, tratando de alargar los tiempos del ciclo con fines mal intencionados.

Rango entre el 90% y 94%.

Los operarios que se encuentran en este rango de calificación presentan las características siguientes:

- se distraen continuamente.
- no existe una coordinación adecuada entre los movimientos de las dos manos y entre sus manos y mente, generalmente una mano tiene que esperar a la otra para moverse,
- tiende a estar buscando objetos y se muestra indeciso, realizando movimientos innecesarios.

- utiliza las herramientas no apropiadas para realizar la tarea, por lo que aumentan los factores de fatiga en el trabajo.

Este tipo de operarios pueden ser con experiencia, pero, poco calificados para la tarea que realizan, por su falta de concentración en el trabajo no siguen una misma secuencia de movimientos.

Rango entre en 95% y el 99%.

Los operarios que se encuentran en esta clasificación presentan las siguientes características:

- realizan movimientos que no son completamente continuos,
- tienen un ritmo de trabajo, pero a veces es interrumpido,
- a veces tienen necesidad de mirar para localizar objetos, o no ha aprendido a acortar o combinar movimientos como un trabajador que trabaja al 100 %,
- la secuencia apropiada de movimientos es aplicada, pero en forma descuidada o desorientada,
- acepta sugerencias para mejoras, pero, no aporta ninguna.

Se muestra entusiasta pero tiene poca experiencia.

Este nivel de calificación es asignada con frecuencia a situaciones con actividades moderadamente repetitivas.

Calificación 100%.

Esta calificación se le asigna a operarios con experiencia, fijos, que se concentran en su trabajo y que presentan las características siguientes en su desempeño laboral:

- sus movimientos son consistentes y regulares, se mantiene un ritmo constante a través de todo el ciclo,
- ambas manos están coordinadas y pueden realizar movimientos simultáneos, es raro que una mano espere a la otra para realizar un movimiento,
- aunque puedan existir titubeo o vacilación ocasionalmente en sus movimientos, esto no altera el patrón estándar de movimientos establecido para la tarea que realiza,
- el manejo de herramientas y materiales lo realiza en forma segura y con confianza, es muy raro que el operario busque objetos, ya que planea sus movimientos por adelantado para tener siempre el mismo orden.

Los operarios que trabajan a este nivel se identifican como personas calificadas para la tarea, experimentados en la actividad, receptivo a sugerencia y consiente de la nitidez del área de trabajo y mantienen un nivel de producción de acuerdo con lo establecido o estándar.

Rango entre el 101% y 105%.

Los operarios que trabajan a este nivel llevan a cabo su tarea con facilidad y en forma completamente coordinada, tienen la habilidad de eliminar movimientos del ciclo, previamente establecidos, tales como cambiar el movimiento "soltar", por el de colocar a un lado. Estos operarios presentan las características siguientes:

- el manejo de herramientas se realiza en forma positiva y con cuidado,

- poseen la habilidad de transmitir sus habilidades y conocimientos de trabajo a otros operarios,
- requiere muy poca supervisión, trabajan continuamente, todo el día, comprenden los procedimientos del estudio de tiempo y aceptan nuevas ideas diseñadas a mejorar su tarea.

Este tipo de operarios son calificados, experimentados, sobrepasan los niveles estandares de producción y siguen instrucciones al pie de la letra.

Rango entre el 106% y el 110%.

En este nivel de calificación, el operario debe trabajar con facilidad y, muy raras veces, demostrar titubeo o vacilación.

Movimientos utilizados por operarios del 100%, han sido eliminados, tales como "soltar", que ha sido combinada, para utilizar el término "deslizar hacia", sus características generales son:

- sus movimientos son certeros y exactos, es fácil detectar ritmo en sus movimientos,
- trabaja con seguridad y confianza, prestandole toda su atención a la tarea que realiza.

Estos operarios poseen buena habilidad para el razonamiento, tienen aptitud innata para el trabajo, cometen muy pocos errores y su rendimiento es siempre aceptable, se interesan en el trabajo, aportando ideas para mejorar el método.

Rango entre el 111% y el 115%.

Los operarios que trabajan a este nivel realizan sus tareas con gran facilidad, eliminando atrasos causados por titubeos, mantienen el ritmo de sus movimientos consistentemente. Sus características son:

- los movimientos tales como precolocar o colocar en posición, han sido eliminados en su mayoría,
- no necesita buscar herramientas ya que conoce su estación de trabajo perfectamente,
- las dos manos trabajan simultáneamente, realizando movimientos certeros y exactos, a un buen ritmo, aún los que requieren control visual.

Este tipo de operarios realizan decisiones mentales con rapidez, tales como seleccionar un objeto de un grupo de objetos similares. Sus movimientos son tan rápidos y sin interrupciones que son muy difíciles de seguir.
Rango entre el 116 y el 120%.

En este nivel de calificación, los operarios trabajan a un ritmo de producción muy alto, casi como una máquina, sobrepasando con facilidad los estándares de producción ya establecidos, ejecutan sus movimientos en forma confiada, sin vacilaciones o titubeos, sin movimientos falsos ni atrasos, estos operarios se caracterizan por:

- ser expertos en su tarea, con muchos años de experiencia,
- están plenamente concientes de su trabajo, reciben y dan muchas sugerencias para mejorar la operación,

- se empeñan en demostrar su superioridad y normalmente son los mejores empleados.

Sus habilidades sobresalientes pueden ser atribuidas a su tamaño físico, destreza sobre lo normal gracias a años de entrenamiento. Para la determinación de estándares de producción es recomendable, si el tamaño de la muestra lo permite, estudiar operarios con calificación más cercana al 100%.

4.7) Margenes de tiempo y concesiones.

El último paso para obtener un verdadero estándar de tiempo, consiste en la adición de un margen o tolerancia al tener en cuenta las numerosas interrupciones, retrasos y movimientos lentos producidos por la fatiga inherente a todo trabajo, por lo que se debe asignar un margen o tolerancias al trabajador para que el estándar resultante sea justo y que se pueda mantener fácilmente un operario medio trabajando a un ritmo normal continuo.

En general, las tolerancias se aplican para cubrir tres grandes áreas que son; las demoras personales, la fatiga y los retrasos inevitables. Las tolerancias se aplican a tres categorías del estudio las cuales son:

1. tolerancias aplicables al tiempo total del ciclo,
2. tolerancias aplicables sólo al tiempo del empleo de máquina,
3. tolerancias aplicables al tiempo de esfuerzo.

Los márgenes aplicables al tiempo total del ciclo se expresan, generalmente, como un porcentaje del tiempo del ciclo, e incluyen retrasos como:

- satisfacción de necesidades personales,
- limpieza de estación de trabajo,
- ubicación de equipo o maquinaria,

Las tolerancias en los tiempos de máquina comprenden el tiempo para el cuidado de las herramientas y variaciones de potencia.

Los retrasos representativos cubiertos por tolerancias de esfuerzo, son los de fatiga y ciertas demoras inevitables. Existen dos métodos para el desarrollo de datos de tolerancia; el primero consiste en un estudio de la producción, el cual requiere que un observador estudie dos o, al menos, tres operaciones por un largo período de tiempo. Puesto que se necesita un largo período de observación directa de una o más operaciones. Este método es excepcionalmente tedioso, tanto para el analista como para los trabajadores bajo estudio.

La segunda técnica, consiste en establecer un porcentaje de tolerancia mediante muestreos de trabajo. En este método se tomó un gran número de observaciones al azar, por lo que requiere que el analista sólo esté parte del tiempo observando la operación en lapsos intermitentes, en este procedimiento no se emplea el cronómetro, ya que el observador camina por el área de trabajo que estudia, sin horario fijo y toma breves notas sobre lo que el operario está haciendo.

4.7.1) Tolerancias aplicables por esfuerzo y al tiempo total del ciclo.

a. Retrasos personales.

Como retrasos personales deberán colocarse aquellas interrupciones en el trabajo, necesarias para la comodidad del trabajador, esto comprenderá las idas a tomar agua y al sanitario.

Estudios detallados de producción han demostrado que un margen de tolerancia de un 5% por retrasos personales, aproximadamente, 24 minutos en una jornada de 8 horas, es apropiada para las condiciones típicas de un taller.

b. Fatiga.

Este margen de tolerancia está estrechamente ligado a la tolerancia por retrasos personales.

La fatiga no es homogénea en ningún aspecto y va desde el cansancio puramente físico hasta la fatiga psicológica o incluye una combinación de ambas. Tiene marcada influencia en unas personas y aparentemente, ninguna en otras. Ya sea fatiga física y/o mental los resultados son similares ya que existe una aminoración en la voluntad para trabajar.

Los factores más importantes que se han establecido claramente que contribuyen a aumentar la fatiga son;

1. condiciones de trabajo.

Luz, temperatura, frescura del aire, color del local y sus alrededores, ruido, polvo, seguridad e higiene,

2. repetitividad del trabajo.

Monotonía de movimientos, cansancio muscular debido a la distensión de los músculos, falta de movimiento,

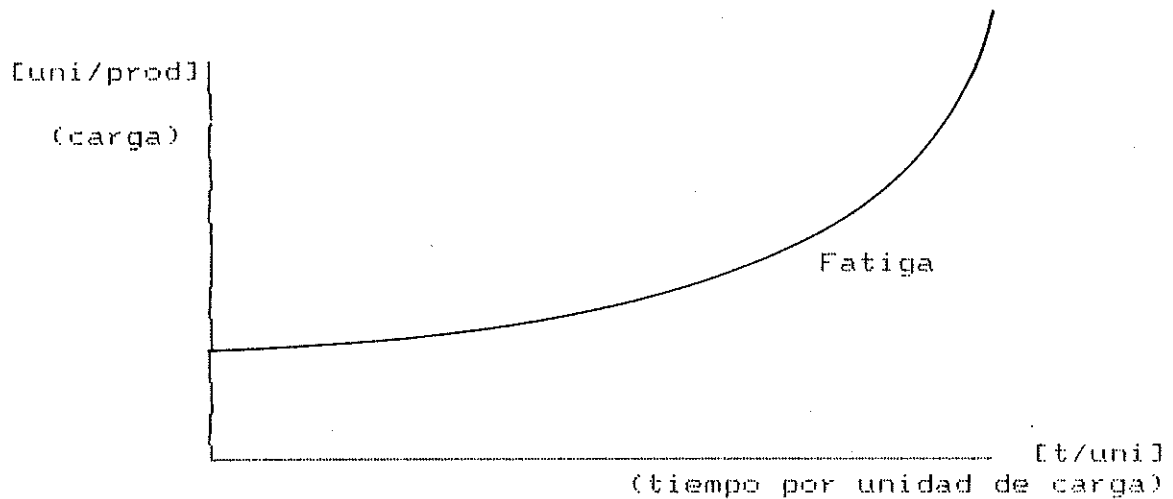
3. estado general del trabajador, físico y mental.

Estatura, dieta, descanso insuficiente, estabilidad emotiva, condiciones domésticas.

Es evidente que la fatiga puede reducirse pero nunca eliminarse, ya que los factores que la provocan estarán siempre presentes, pero no en su mayoría.

El principal problema de la fatiga no es físico, sino psicológico y la industria mediante selección científica de personal esta reduciendo, sustancialmente, este factor, situando a la persona apropiada en el trabajo adecuado.

Debido a que la fatiga no se puede eliminar, hay que fijar tolerancias adecuadas a las condiciones de trabajo y a la repetitividad de éste. Los expertos han demostrado que la gráfica de la fatiga debe ser una curva y no una recta, la gráfica siguiente muestra una curva típica en la cual se pueden apreciar las relaciones existentes entre carga de trabajo y el tiempo necesario para manejarlo.



Gráfica 3.5.a: Curva típica de trabajo.

El factor de fatiga se obtiene mediante la ecuación;

$$\text{Fatiga (F)} = \frac{[UNI1 - UNI2]}{[T1 - T2]}$$

Donde las UNI1 son producidas en un T1 y las UNI2 son producidas en un T2, tiempos expresados en minutos producción y la fatiga sería la pendiente de la curva de trabajo. El método más ampliamente utilizado para determinar el margen de tolerancia por fatiga, es el de medir el decrecimiento de la producción durante un periodo de trabajo. Cualquier disminución de la producción que no pueda atribuirse a cambios de métodos o a personal o retraso inevitable, podrá ser atribuida a la fatiga y ser expresada como porcentaje, con base en la ecuación siguiente;

$$F = (T - t) / T * 100 = \% \text{ (Fatiga)}$$

donde:

F = coeficiente de fatiga

T = Tiempo necesario para realizar la operación al final del ciclo de trabajo.

t = Tiempo necesario para realizar la operación al inicio del ciclo de trabajo.

Ejemplo:

Si al inicio de la jornada un operario fabrica 20 piezas en 40 minutos, de un producto X, y al final de la jornada fabrica el mismo número de unidades en 48 minutos, el porcentaje o coeficiente de fatiga será;

$$F = \left[\frac{(48 - 40)}{48} \right] * 100 = 16.67\%$$

La oficina internacional del trabajo ha tabulado el efecto de las condiciones laborales para llegar a un factor de tolerancia por retrasos, personales y fatiga, la información se describe en la tabla 4.1.

c) Retrasos inevitables.

Esta clase de demoras se refiere a elementos de esfuerzo y se aplica a conceptos como; interrupciones por el capataz, el despachador de materiales, el analista de tiempos y de otras personas, irregularidad en los materiales, dificultad en mantener estándares de tolerancias y especificaciones y demoras por interferencia en donde se realizan asignaciones en múltiples máquinas, todos estos tiempos pueden ser medidos y representados como porcentaje, de la manera siguiente:

$$\% \text{ Retrasos} = \frac{(\text{tiempo laborado} - \text{tiempo de retrasos})}{(\text{tiempo laborado})}$$

**TABLA 4.1 MARGENES O TOLERANCIAS
OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO**

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
3. Empleo de fuerza o vigor muscular (para levantar, tirar de, empujar):	
Peso levantado (kilogramos y libras, respectivamente)	
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 inferior a lo recomendado	0
b) Muy inferior	2
c) Sumamente inadecuado	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)-variables	0-10
6. Atención estricta:	
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-fuerte	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso moderadamente complicado	1
b) Proceso complicado o que requiere 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

4.8) Cálculo de tiempo normal y tiempo estándar.

Esta es la última parte para obtener el estándar de tiempo para cada elemento. Una vez que se obtienen los tiempos cronometrados, se procede a calcular el tiempo normal y tiempo estándar, para lo cual se manejarán tres definiciones.

- a. tiempo cronometrado: es el tiempo promedio por elemento, que se obtiene del conjunto de cronometraciones realizadas en una operación o elemento y se representa como T_c ,
- b. tiempo normal: es el tiempo promedio cronometrado, multiplicado por el factor de calificación de actuación del operario, con esto se pretende ajustar los tiempos cronometrados a una media normal de duración del ciclo mediante la fórmula siguiente;

$$T_n = T_c * (\% \text{ calificación})$$

- c. tiempo estándar: el tiempo estándar se define como el tiempo normal más el tiempo concedido por márgenes de tolerancias y representa el tiempo en el que una operación o actividad debe ser realizado. Este tiempo es el que se utiliza para realizar programaciones de producción, control de la producción, explotación de inventarios para obtener consumos teóricos, estimación de tiempos de entrega de producto terminado, etc.

Por lo que es tiempo estándar es una de las herramientas

más importantes para el ingeniero industrial. Se define de la manera siguiente;

$$T_s = T_n + T_n * (\% \text{ concesiones ó tolerancias})$$

Ejemplo:

Obtenga el tiempo estándar de una muestra de 5 tomas de tiempos, de una operación, tomando como calificación de actuación el 93% y concesiones por fatiga, retrasos personales y retrasos inevitables por 15%, los tiempos son: 25.5 min, 25.2 min, 26 min, 24.3 min, 24.8 min.

solución:

se determina la media de los tiempos

$$M = (25.5 + 25.2 + 26 + 24.3 + 24.8)/5$$

$$M = 25.16 \text{ min.}$$

$$T_c = 25.16$$

Se obtiene el tiempo normal, ajustando el tiempo cronometrado utilizando el porcentaje de calificación de actuación;

$$T_n = T_c * 93\%$$

$$T_n = 25.16 * 0.93 = 23.39 \text{ min.}$$

El tiempo estándar se obtiene con el tiempo normal más el porcentaje de tolerancias, que en este caso suman 15 %.

$$T_s = T_n + T_n * (\% \text{ tolerancias})$$

$$T_s = 23.39 + (23.39 * 0.15) = 26.89 \text{ min.}$$

Por lo que el tiempo estándar para la operación estudiada es de 26.89 minutos.

4.9 Datos estándar M.T.M.

Este tipo de datos se utiliza para realizar estimaciones de tiempos estándar con base en movimientos básicos, que se realizan en estaciones de trabajo.

Estos valores de tiempo son una colección de estándares válidos asignados a movimientos y grupos de movimientos fundamentales. En 1,948, se elaboró un método el "Methods time measurement MTM", en el cual se dan valores de tiempo para los movimientos fundamentales, alcanzar, mover, girar, asir, colocar en posición, desensamblar y soltar.

Los autores definieron el sistema MTM como un procedimiento que analiza un método o una operación manual, en sus movimientos básicos requeridos para su realización y asigna a cada movimiento un estándar de tiempo pre-determinado que se evalúa por la naturaleza de movimiento y las condiciones en las que se lleva a cabo.

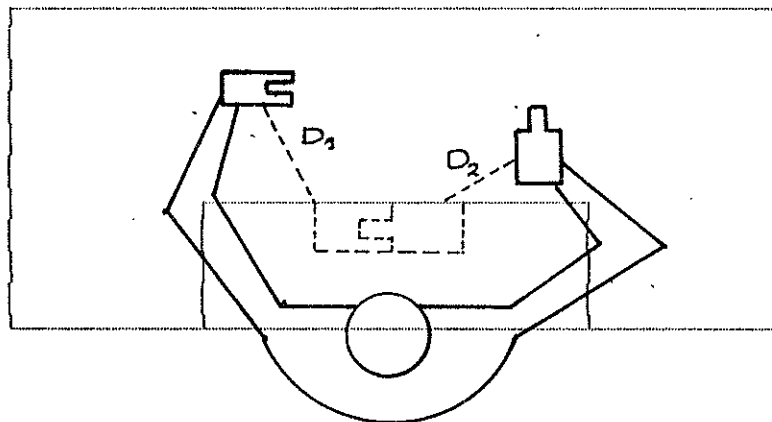
Los datos M.T.M son el resultado de análisis cuadro por cuadro de películas cinematográficas que se tomaron en diferentes áreas de trabajo.

Los datos fueron tabulados y analizados para determinar el grado de dificultad causado por características variables. De este estudio se determinó que existen 5 tipos de alcanzar, dependiendo de la dificultad de la operación, también sobre el elemento, mover influyo tanto la distancia y el peso del objeto como el tipo específico de movimiento.

Los valores M.T.M. que se han obtenido hasta la fecha, se

resumen en la tabla 4.9.1. al 9. En estas tablas se les asigna valores a los therblis en unidades TMU (Time Measurement unit) cada TMU vale 0.00001 horas o 0.036 segundos.

Para hacer una estimación de tiempo en el sistema M.T.M, se utiliza un diagrama bimanual, en el cual se anotan los tiempos y la nomenclatura de dichos tiempos. Por ejemplo, si se necesita que una mano del operario se extienda 20 pulgadas, (aproximadamente 50.8 cm), la clasificación sería para el TMU R20C y el valor en TMU sería 19.8 TMU, si al mismo tiempo, la mano izquierda del operario se moviera 10 pulgadas (aprox. 25.4 cm), para alcanzar otro tornillo, clasificaría con la designación R10C, con un valor TMU igual a 12.9 TMU, en este caso la mano derecha tendría el mayor tiempo por lo que sería la limitante y sería el valor 19.8 TMU el que se utilizaría para determinar el tiempo normal.



$D_1 = 20$ plg. TMU = R20C = 19.8 TMU
 $D_2 = 10$ plg. TMU = R10C = 12.9 TMU

Tiempo en segundos: $TMU * 0.036 \text{ seg/TMU} = 0.0012 \text{ SEG.}$
 $T_n = 0.713 \text{ Seg.}$

Para comprender mejor el uso del sistema MTM y los tiempos TMU, se utilizará el siguiente ejemplo, que consiste en el análisis de una operación de trabajo de una línea de producción.

Ejemplo.

Se cuenta con una línea de producción en la cual se envasan cosméticos. Se analizará en este caso el encajillado final de un set de lápices labiales, que es la operación final antes de enviar el producto a bodega de producto terminado. Esta operación consiste en colocar en una caja dos lápices labiales, insertados en un cartón sujetador llamado liner, a continuación se presenta la descripción de la piezas que se se utilizan en el encajillado.

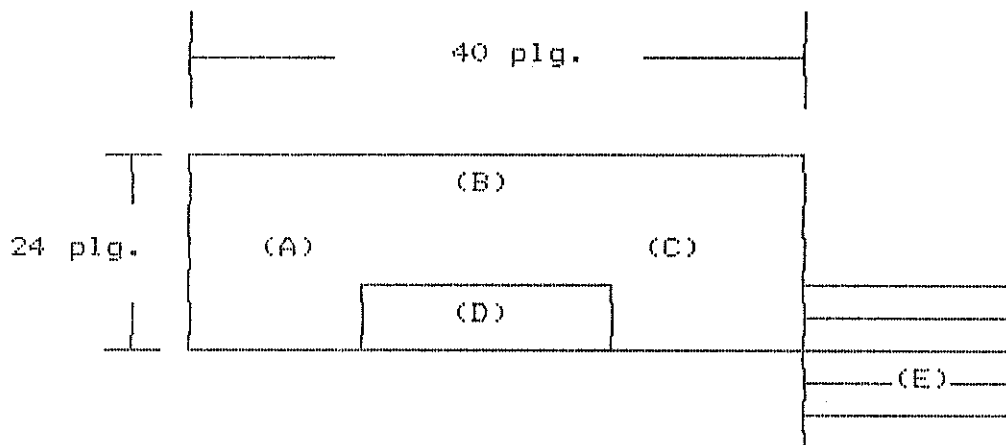
- a. Lápices labiales: son cilíndricos, de fácil manejo, con peso de 10.5 gramos y diametro exterior de 20 mm. y una longitud de 70 mm.
- b. Cajilla: está compuesta por tres partes, una base cuadrada de 100 mm. por lado y 40 mm. de profundidad. Una tapa cuadrada de 104 mm. por lado y 20 mm de profundidad. Un liner sujetador cuadrado de 98 mm. por lado y 20 mm. de profundidad, el cual tiene dos ranuras al centro para colocar en forma horizontal los lápices labiales.

Como el estudio de tiempos en base al sistema MTM, es teórico se debe contar con la mayor cantidad posible de datos de las piezas que se desean manufacturar tales como:

- dimensiones de las piezas,
- pesos y volúmenes,
- gráficos a escala, o muestras físicas.

De esta manera el analista puede darse una idea de qué tan fácil o difícil es el manejo de la pieza.

Para aplicar el sistema M.T.M, es necesario contar con las medidas en pulgadas, de las distancias que se recorrerán en el transcurso de la operación; a continuación se presenta un diagrama de la estación de trabajo en donde se realizará la operación del ejemplo que se está estudiando.



En donde la posición A y C; es de donde se abastece a la estación de los lápices labiales, que se desean encajillar.

La posición B; es en donde se colocan las partes de la caja, a los extremos la base y el liner que sujeta los lápices labiales y al centro la tapa de la caja.

La posición D; es en donde el operario realiza todos los ensambles, área de trabajo principal.

Posición E: esta posición es el Área de descarga de producto ya encajillado, la cual es una banda transportadora que conduce a bodega de producto terminado.

Las distancias que se recorren entre cada posición son las siguientes:

movimiento:	distancia:
A<--->D	16 plg.
B<--->D	12 plg.
C<--->D	16 plg.
D<--->E	24 plg.

Las actividades que realiza cada mano del operario para llevar a cabo la operación son las siguientes:

mano izquierda:

alcanzar base de caja para set.
tomar base de caja
mover base de caja
sostener base de caja
alcanzar lápiz labial 1
tomar lápiz labial 1
mover lápiz labial 1
colocar lápiz labial 1
alcanzar tapa de caja para set
mover tapa para caja
colocar tapa para caja
esperar.

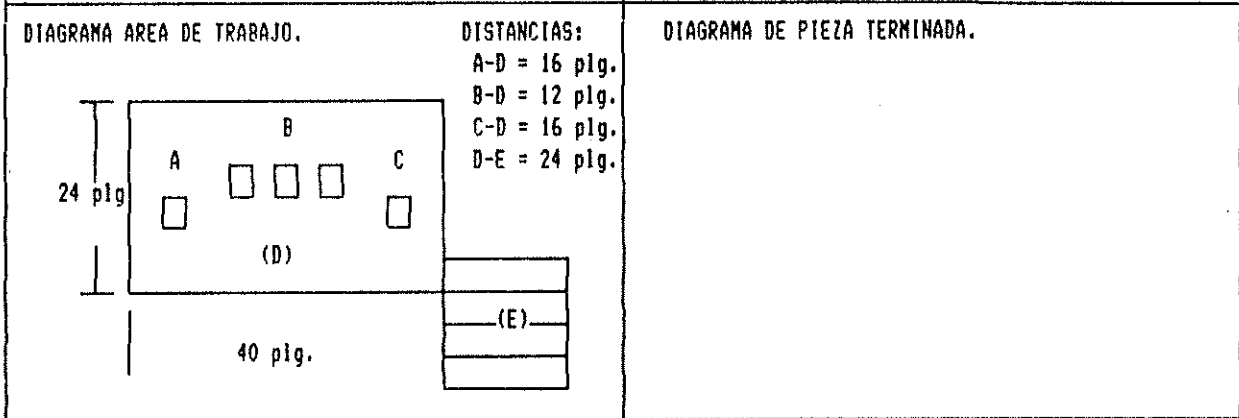
mano derecha:

alcanzar liner para colocar lápices labiales
tomar liner para lápices
mover liner para lápices
colocar liner para lápices
alcanzar lápiz labial 2
tomar lápiz labial 2
mover lápiz labial 2
colocar lápiz labial 2
sostener base de caja
sostener base de caja
sostener base de caja
mover producto terminado a area de descarga
mover mano a posición inicial.

Con base en la información anterior se procede a realizar el diagrama bimanual, con las actividades de cada mano y sus respectivos símbolos, el cual se presenta a continuación:

DIAGRAMA BIMANUAL

ACTIVIDAD: EMPAQUE DE PRODUCTO TERMINADO	ANALISTA: C.A. GARCIA
ARTICULO: SET DE LAPICES LABIALES	FECHA: 16/01/93
FABRICA: PRODUCTOS DE BELLEZA	HOJA No: DE:



ACTIVIDAD MANO IZQUIERDA	SIMB	M.T.M	M.T.M	SIMB	ACTIVIDAD MANO DERECHA
ALCANZAR BASE DE CAJA PARA SET	AL			AL	ALCANZAR LINER PARA COLOCAR LAPICES
TOMAR BASE DE CAJA	T			T	TOMAR LINER PARA LAPICES
MOVER BASE DE CAJA	M			M	MOVER LINER PARA LAPICES
SOSTENER BASE DE CAJA	SO			CO	COLOCAR LINER PARA LAPICES
ALCANZAR LAPIZ LABIAL 1	AL			AL	ALCANZAR LAPIZ LABIAL 2
TOMAR LAPIZ LABIAL 1	T			T	TOMAR LAPIZ LABIAL 2
MOVER LAPIZ LABIAL 1	M			M	MOVER LAPIZ LABIAL 2
COLOCAR LAPIZ LABIAL 1	P			P	COLOCAR LAPIZ LABIAL 2
ALCANZAR TAPA DE CAJA PARA SET	AL			SO	SOSTENER BASE DE CAJA
MOVER TAPA PARA CAJA	M			SO	SOSTENER BASE DE CAJA
COLOCAR TAPA PARA CAJA	P			SO	SOSTENER BASE DE CAJA
ESPERAR				M	MOVER PRODUCTO TERMINADO A AREA DE DESCARGA.
				M	MOVER MANO A POSICION INCIAL
SUMATORIA DE M.T.M. DERECHA					SUMATORIA M.T.M. IZQUIERDA

Luego de contar con un diagrama que especifique todos los movimientos que realiza el operario para llevar a cabo la operación que se estudia, se procede a colocar los tiempos TMU, utilizando las tablas desarrolladas para este método (tablas 4.9.1 al 10) de acuerdo con el caso de cada uno de los movimientos. Para la asignación de tiempos se tomará como base los movimientos de la mano izquierda y cuando sean diferentes a los de la mano derecha, se explicarán por separado.

1. Alcanzar base de caja para set, mano izquierda.

Para este movimiento se busca en la tabla de alcanzar (tabla 4.9.1) y se utiliza el caso A, tomando una distancia de desplazamiento de 12 plg. lo cual da un valor de 9.6 TMU, el valor será el mismo para la operación de la mano derecha.

2. Tomar base de caja para set.

En las tablas de tiempos no está tipificado el movimiento tomar, por lo que se utiliza ASIR(G), para traslado, tabla 4.9.4, por lo que el valor asignado para este movimiento es 5.6 TMU. Se utiliza el mismo valor para la actividad de la mano derecha.

3. Mover base de caja.

Para este movimiento se utiliza la tabla 4.9.2. Se tomará como base que el traslado se realiza a una posición exacta, se utiliza el caso C, la distancia que se recorre es 12 plg. por lo que se le asigna el valor de

15.2 TMU. Se asigna el mismo valor para la actividad de la mano derecha.

4. Sostener base de caja.

Para esta actividad no existe tabla de datos MTM, por lo que se utiliza el de la mano derecha, que en este caso la actividad es; colocar liner para lápices y se utilizan los datos de la tabla 4.9.5, colocar en posición. El ajuste que se realiza en este caso es estrecho y requiere presión ligera, además, no tiene simetría especial, por lo que se le asigna un valor de 21.0 TMU.

5. Alcanzar lápiz labial 1.

Se utilizan los datos de la tabla 4.9.1, y con base en la distancia recorrida que es de 16 plg. y que el movimiento corresponde al caso A, se asigna un valor de 11.4 TMU.

El mismo valor se asigna para la actividad de la mano derecha.

6. Tomar lápiz labial.

Se utilizan los datos de la tabla 4.7.5, y, el caso es asir para traslado, por lo que se asigna un valor de 5.60 TMU. Se asigna el mismo valor para la actividad de la mano derecha.

7. Mover lápiz labial.

Se utiliza la tabla 4.9.2, y, se utiliza el caso C, por que se necesita mover el objeto a una localización exacta, para una distancia de 16 plg. se le asigna un valor de 18.7 TMU. El mismo valor se le asigna a la actividad de la mano derecha.

8. Colocar lápiz labial.

Para este movimiento se utilizan los datos de la tabla 4.9.5, y, se utiliza el caso 2, ya que se requiere colocar en posición en un lugar estrecho con ligera presión. la simetría de este caso puede ser: S simétrico o ajuste perfecto en piezas circulares, SS simetría especial cuando se inserta en orificios de forma cuadrada o exagonal, o, que no sea circular y NS no cuenta con simetría, cuando se inserta, como en este caso, una pieza cilíndrica con perfil cuadrado en un orificio cuadrado. el valor que se asigna es 21.0 TMU. se asigna el mismo valor al movimiento de la mano derecha.

9. Alcanzar tapa de caja para set.

Se utilizan los datos de la tabla 4.9.1, y, se asigna un valor de 9.6 TMU. La mano derecha realiza un sostener por lo que no se le asigna valor.

10. Mover tapa para caja.

La distancia que se mueve es de 12 plg. y utilizando la tabla 4.9.2 se le asigna un valor de 15.2 TMU. La mano derecha sigue en sostener, no se asigna valor.

11. Colocar tapa para caja.

Se le asigna un valor de 16.2 TMU, en base a la tabla 4.9.4, por ser un ensamble estrecho, que requiere presión ligera y es simétrico.

12. Mover producto terminado a área de descarga.

esta actividad la realiza la mano derecha y la mano izquierda está en espera, por la distancia que es de 16

pulgadas, se asigna un valor de 25.5 TMU. el mismo valor se le asigna al movimiento de regresar la mano a la posición inicial, en donde se empieza de nuevo el ciclo.

Para obtener el tiempo total de todo el ciclo se toman los tiempos más largos de cada una de las manos, cuando realizan operaciones simultáneas, se suman y se obtiene el valor total del ciclo, que en este caso es de 200.10 TMU, lo cual equivale a:

$$\text{Tiempo} = 200.10 \text{ TMU} (0.00001 \text{ hr/TMU}) (360 \text{ min./hr})$$

$$\text{Tiempo} = 0.72036 \text{ min. por ciclo.}$$

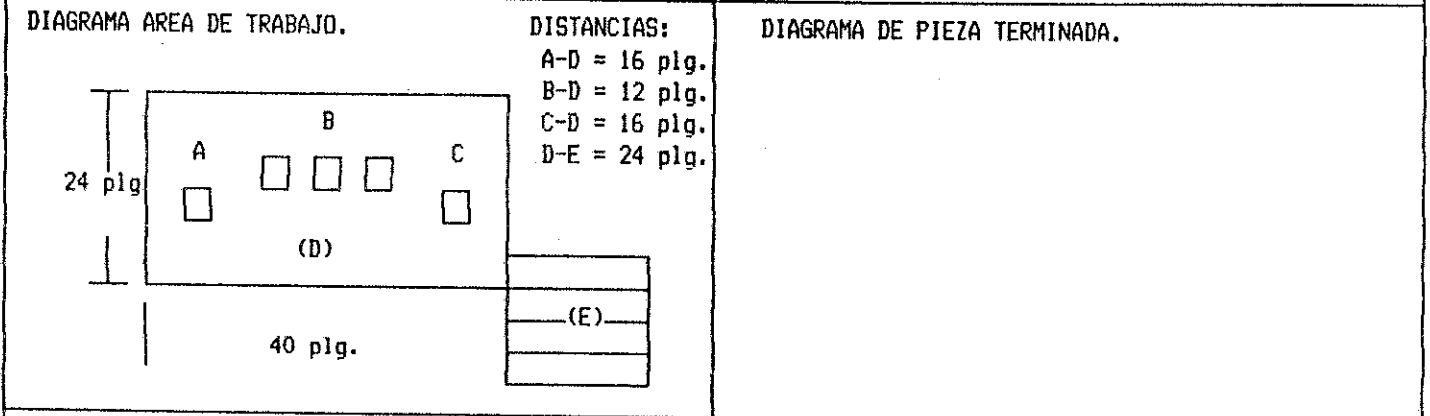
A este tiempo obtenido por el sistema MTM, se le deben agregar las holguras por condiciones de trabajo que se presentan en la tabla 4.1, para, luego, obtener el tiempo estándar de la operación.

Este procedimiento resulta práctico como ensayo antes de una toma formal de tiempos o como un dato rápido para cálculos de costos de mano de obra.

El diagrama bimanual con sus tiempos y símbolos se presentan a continuación.

DIAGRAMA BIMANUAL

ACTIVIDAD: EMPAQUE DE PRODUCTO TERMINADO	ANALISTA: C.A. GARCIA
ARTICULO: SET DE LAPICES LABIALES	FECHA: 16/01/93
FABRICA: PRODUCTOS DE BELLEZA	HOJA No: DE:



ACTIVIDAD MANO IZQUIERDA	SIMB	M.T.M	M.T.M	SIMB	ACTIVIDAD MANO DERECHA
ALCANZAR BASE DE CAJA PARA SET	AL	9.60	9.60	AL	ALCANZAR LINNER PARA COLOCAR LAPICES
TOMAR BASE DE CAJA	T	5.60	5.60	T	TOMAR LINER PARA LAPICES
MOVER BASE DE CAJA	M	15.20	15.20	M	MOVER LINER PARA LAPICES
SOSTENER BASE DE CAJA	SO	----	21.00	CO	COLOCAR LINER PARA LAPICES
ALCANZAR LAPIZ LABIAL 1	AL	11.40	11.40	AL	ALCANZAR LAPIZ LABIAL 2
TOMAR LAPIZ LABIAL 1	T	5.60	5.60	T	TOMAR LAPIZ LABIAL 2
MOVER LAPIZ LABIAL 1	M	18.70	18.70	M	MOVER LAPIZ LABIAL 2
COLOCAR LAPIZ LABIAL 1	P	21.00	21.00	P	COLOCAR LAPIZ LABIAL 2
ALCANZAR TAPA DE CAJA PARA SET	AL	9.60	----	SO	SOSTENER BASE DE CAJA
MOVER TAPA PARA CAJA	M	15.20	----	SO	SOSTENER BASE DE CAJA
COLOCAR TAPA PARA CAJA	P	16.20	----	SO	SOSTENER BASE DE CAJA
ESPERAR		----	25.50	M	MOVER PRODUCTO TERMINADO A AREA DE DESCARGA.
		----	25.50	M	MOVER MANO A POSICION INCIAL
SUMATORIA DE M.T.M. DERECHA			200.10		SUMATORIA M.T.M. IZQUIERDA

TABLA 4.9.1 ALCANZAR (F)

Distancia de mover (plg)	Tiempo TMU				Mano en movimiento		CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C o D	E	A	B	
Menor	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	<p>A Alcanzar al objeto en localización fija, o al objeto en otra mano o sobre el que descansa la otra mano.</p> <p>B Alcanzar a un solo objeto en una localización que puede variar ligeramente de ciclo a ciclo.</p> <p>C Alcanzar a objeto mezclado con otros en un grupo, de modo que ocurran los elementos buscar y seleccionar.</p> <p>D Alcanzar a un objeto muy pequeño o donde se requiera un asimiento exacto.</p> <p>E Alcanzar a una localización indefinida para llevar la mano a una posición para el equilibrio del cuerpo, o el movimiento siguiente, o fuera del camino.</p>
1	2.5	2.5	3.6	2.4	2.3	2.3	
2	4.0	4.0	6.9	3.6	3.5	2.7	
3	5.3	5.3	7.3	5.3	4.5	3.6	
4	6.1	6.4	6.4	6.8	4.9	4.3	
5	6.5	7.8	9.4	7.4	5.3	5.0	
6	7.0	8.6	10.1	8.0	5.7	5.7	
7	7.4	9.3	10.8	8.7	6.1	6.5	
8	7.9	10.1	11.5	9.3	6.5	7.2	
9	8.3	10.8	12.2	9.9	6.9	7.9	
10	8.7	11.5	12.9	10.5	7.3	8.6	
12	9.6	12.9	14.2	11.8	8.1	10.1	
14	10.5	14.4	15.6	13.0	8.9	11.5	
16	11.4	15.8	17.0	14.2	9.7	12.9	
18	12.3	17.2	18.4	15.5	10.5	14.4	
20	13.1	18.6	19.8	16.7	11.3	15.8	
22	14.0	20.1	21.2	18.0	12.1	17.3	
24	14.9	21.5	22.5	19.2	12.9	18.8	
26	15.8	22.9	23.9	20.4	13.7	20.2	
28	16.7	24.4	25.3	21.7	14.5	21.7	
30	17.6	25.8	26.7	22.9	15.3	23.2	

TABLA 4.9.2 MOVER (M)

Distancia de mover (plg)	Tiempo TMU				Margen por peso			CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C	Mano en movimiento D	Peso (lb) hasta de	Factor	TMU constante	
Menor	2.0	2.0	2.0	1.7	2.5	0	0	<p>A Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.</p>
1	2.5	2.9	3.4	2.3	7.5	1.06	2.2	
2	3.6	4.6	6.2	2.9				
3	4.9	5.7	6.7	3.6	12.5	1.11	3.9	
4	6.1	6.9	8.0	4.3				
5	7.3	8.0	9.2	5.0				
6	8.1	8.9	10.3	5.7	17.5	1.17	5.6	
7	8.9	9.7	11.1	6.5				
8	9.7	10.6	11.8	7.2	22.5	1.22	7.4	
9	10.5	11.5	12.7	7.9				
10	11.3	12.2	13.5	8.6				
12	12.9	13.4	15.2	10.0	27.5	1.28	9.1	
14	14.4	14.6	16.9	11.4				
16	16.0	15.8	18.7	12.8	32.5	1.33	10.8	
18	17.6	17.0	20.4	14.2				
20	19.2	18.2	22.1	15.6				
22	20.8	19.4	23.8	17.0	37.5	1.39	12.5	
24	22.4	20.6	25.5	18.4				
26	24.0	21.8	27.3	19.8	42.5	1.44	14.3	
28	25.5	23.1	29.0	21.2				
30	27.1	24.3	30.7	22.7				

TABLA 4.9.3 GIRAR Y APLICAR PRESION (T & AP)

Peso	Tiempo en TMU para ángulos (en °) girados										
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeño — 1 0 a 2 lb	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4
Mediano — 2.1 a 10 lb	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8
Grande — 10.1 a 35 lb	8.4	10.5	12.3	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	28.2

APLICAR PRESION, CASO 1—16.2 TMU. APLICAR PRESION, CASO 2—10.6 TMU

TABLA 4.9.5 ASIR (G)

Caso	Tiempo (TMU)	DESCRIPCION
1A	2.0	Asir, para recoger—Objeto pequeño, mediano o grande, fácil de asir
1B	3.5	Objeto muy pequeño o uno puesto contra una superficie plana.
1C1	7.3	Interferencia con asir por el fondo y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro mayor que 1/2".
1C2	8.7	Interferencia con asir por el fondo y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro de 1/4" o 1/2".
1C3	10.8	Interferencia con asir por el fondo y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro menor que 1/4".
2	5.5	Reasir
3	5.5	Asir para traslado
4A	7.9	Objeto mezclado con otros de modo que ocurren alcanzar y seleccionar. Mayor que 1" x 1" x 1".
4B	9.1	Objeto mezclado con otros de modo que ocurren alcanzar y seleccionar. De 1/4" x 1/4" x 1/8" a 1" x 1" x 1".
4C	12.9	Objeto mezclado con otros de modo que ocurren alcanzar y seleccionar. Menor que 1/4" x 1/4" x 1/8".
5	0	Asir de contacto, deslizamiento o con agarre en gancho.

TABLA 4.9.5 COLOCAR EN POSICION (P)

CLASE DE AJUSTE		Simetría	De fácil manejo	De difícil manejo
1—Holgado	No requiere presión	S	5.5	11.2
		SS	9.1	14.7
		NS	10.4	16.0
2—Estrecho	Requiere presión ligera	S	16.2	21.8
		SS	19.7	25.3
		NS	21.0	26.6
3—Exacto	Requiere presión intensa	S	43.0	48.5
		SS	46.5	52.1
		NS	47.8	53.4

*Distancia de mover hasta el trabamiento o enganche—1" o menos

TABLA 4.9.6 SOLTAR (RL)

CASO	TIEMPO TMU.	DESCRIPCION
1	2.0	SOLTAR NORMAL REALIZANDO, ABRIENDO LOS DEDOS CON MOVIMIENTO INDEPENDIENTE
2	0	SOLTAR DE CONTACTO

TABLA 4.9.7 DESENGANCHE (D)

CLASE DE JUSTE	FACIL MANEJO	DIFICIL MANEJO
1 HOLGADO, ESFUERZO MUY LIGERO SE MEZCLA CON MOVER.	4.0	5.7
2 ESTRECHO. ESFUERZO NORMAL RETROCESO LIGERO.	7.5	11.8
3 APRETADO, ESFUERZO CONSIDERABLE, RETROCESO MANUAL MUY NOTABLE	22.9	34.7

TABLA 4.9.8 TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO DE OJO Y ENFOQUE OCULAR (ET & EF)

Tiempo de desplazamiento de ojo = $15.2 \times t/d$ tmu, con un valor máximo de 20 tmu donde:
 T = distancia entre los puntos límites de desplazamiento del ojo.
 D = distancia perpendicular del ojo a la línea de desplazamiento T.
 Tiempo de enfoque ocular = 7.3 TMU.

TABLA 4.9.9 MOVIMIENTOS DE CUERPO, PIERNA Y PIE

DESCRIPCION	SIMBOLO	DISTANCIA	TIEMPO TMU
Movimiento de pie: Con apoyo en el tabillo. Con presión elevada. Movimiento de pierna o antepierna.	FM FMP LM	Hasta 4" Hasta 6" Cada pulgada adicional	8.5 19.1 7.1 1.2
Poso lateral: Caso 1—Termina cuando la pierna que avanza hace contacto con el piso. Caso 2—La pierna retrasada debe hacer contacto con el piso antes del siguiente movimiento	SS-C1 SS-C2	Menor que 12" De 12" Cada pulgada adicional De 12" Cada pulgada adicional	Emplear el tiempo de ALCANZAR o de MOVER 17.0 0.6 34.1 1.1
Doblarse, ponerse en pie o apoyarse sobre una rodilla. Levantarse (sobre el cuerpo). Apoyarse sobre el pie—sobre ambas rodillas. Levantarse.	B,S,KOK AB,AS,AKOK KBK AKBK		29.0 31.9 69.4 76.7
Sentarse. Ponerse de pie desde la posición de sentado. Girar el cuerpo de 45° a 90°. Caso 1—Termina cuando la pierna que avanza hace contacto con el piso. Caso 2—La pierna que se retrasa debe hacer contacto con el piso antes del siguiente movimiento.	SIT STD TBC1 TBC2		34.7 43.4 18.6 37.2
Caminar. Caminar.	W-FT. W-P	Por pie Por paso	5.3 15.0

TABLA 4.9.10 MOVIMIENTOS SIMULTANEOS

ALCANZAR	MOVER				ASIR				COLOCAR EN POSICION				DESTABAR		CASO	MOVIMIENTO	
	A, E	B	C, D	A, B, C	G1A, G1B, G1C	G2A, G2B, G2C	G4	P1S	P1SS, P1TS	P1SS, P1SS, P1SS	D1E, D1D	D2					
																	A, E
																	B
																	C, D
																	A, B, C
																	B
																	C
																	G1A, G1B, G1C
																	G1B, G1C
																	G4
																	P1S
																	P1SS, P1TS
																	P1SS, P1SS, P1SS
																	D1E, D1D
																	D2

= FACIL de realizar simultáneamente.

= Se puede realizar simultáneamente con 1h PRACTICA.

= DIFICIL de realizar simultáneamente, con después de mucho practica. Asignar ambos tiempos.

MOVIMIENTOS NO INCLUIDOS EN LA TABLA ANTERIOR

G1EAB—Normalmente FACIL con todos los movimientos, excepto cuando el G1EAB está controlado, o con el DESTABAR.

APLICAR PRESION—Puede ser FACIL, PRACTICO o DIFICIL. Cada caso se debe analizar.

COLOCAR EN POSICION—Clase 2—Siempre DIFICIL.

DESTABAR—Clase 3—Normalmente DIFICIL.

SOLTAR—Siempre FACIL.

DESTABAR—Cualquier clase puede ser DIFICIL si se debe tener cuidado para evitar lesiones o dañar el objeto.

*W= Dentro de la zona de visión normal
 O=Fuera del área de visión normal
 **E=FACIL de manejar.
 D=DIFICIL de manejar.

CAPITULO 5

BALANCE DE LINEAS

Una vez que se ha encontrado el tiempo necesario para realizar cada operación, en un proceso de producción mediante un estudio de tiempos, uniendo todos estos tiempos se llega a obtener un estándar de tiempo para un proceso.

Todo proceso está compuesto por diferentes operaciones, cada una de las cuales requiere un tiempo estándar determinado para ser efectuadas y, así, obtener el producto final.

El balance de líneas tiene como objetivo determinar cuantas estaciones de trabajo se necesitan para que un producto tenga un flujo de producción lo más continuo posible, de tal manera que, se puedan cumplir con metas de producción ó con programas ya establecidos con anterioridad. Es de recordar que una estación de trabajo donde se realiza una operación de un proceso, puede estar formada por un operario o un grupo de operarios, una máquina o un grupo de máquinas o la combinación de ambos.

5.1 Métodos para balancear líneas.

Existen, básicamente, dos situaciones típicas de balance de líneas, una es cuando se tiene que estandarizar un proceso en donde existe una operación muy lenta, en donde se origina un cuello de botella y se necesita que el proceso sea lo más continuo posible y la otra situación donde en una fábrica

se necesita producir cierto número de piezas en un tiempo determinado con base en un pedido de producción. Cada situación requerirá de un trato diferente, ya que pueden dar soluciones a diferente tipo de problemas.

5.1.1 Criterio de balance de líneas con base en tiempo de cuello de botella.

Este tipo de balance se utiliza mucho en operaciones donde existen muchas operaciones de tipo manual y semi-automático. Este tipo de balance da solución a problemas donde se desea comprimir el proceso a causa de que en ciertas partes estén presentes tiempos de holgura y hay operaciones que pueden ser realizadas por una misma estación de trabajo. El objetivo del balance será, entonces, agrupar las operaciones que pueden ser realizadas por una misma estación de trabajo, teniendo en cuenta que se tomará como patrón la agrupación de operaciones que proporcione el sistema lo más continuo posible. Esto se logrará agrupando operaciones donde la suma de sus tiempos estándar sean lo más cercanos al tiempo de cuello de botella, que, en este caso, será el tiempo estándar en la operación más lenta.

Definiciones.

Tiempo de cuello de botella: (T_b) es el tiempo estándar de la operación más lenta de un proceso, por lo que es el punto en el cual existe congestionamiento de trabajo y limita una línea de producción.

Tiempo permitido por operación: (Tp) este tiempo es el máximo de tiempo en que una operación puede ser realizada en una línea de producción; para efectos de cálculo es igual en valor al tiempo de cuello de botella, pero, nunca puede ser mayor.

Eficiencia de línea: (El) es igual a la suma de los tiempos estándar de todas las operaciones, dividido por la sumatoria del tiempo permitido por operación. Esta eficiencia indicará qué tan continua es la línea de producción y sirve como factor de comparación para antes y después del balance de línea, si se obtuvieron mejoras en el proceso, la eficiencia final debe ser mayor que la inicial.

$$El = \left[\frac{\text{(suma Tsi)}}{\text{(suma Tpi)}} \right] \times 100$$

Otra forma de calculo es:

$$El = \left[\frac{\text{suma (Tsi)}}{N * Tb} \right] \times 100 \quad \text{Donde N es en número total de datos.}$$

Ejemplo.

Se tiene una fábrica que elabora un producto de consumo popular, con una producción estándar de 1000 unidades por día, lo cual es suficiente para cubrir sus ventas diarias y posibles sobre ventas. Para la fabricación de este producto se requiere procesar la materia prima mediante 10 operaciones diferentes; para completar el proceso de manufactura se tiene

el problema de que en ciertas estaciones de trabajo, la tarea se acumula mucho y, en otras, existe mucho tiempo ocioso. El gerente de la planta necesita reorganizar su línea de producción para eliminar los tiempos ociosos.

A continuación se dan los tiempos estándar de cada operación y el tipo de máquina que los realiza:

No. Operación:	Ts (min)	Tipo de Máquina
1	9	M1
2	7	M2
3	8	M3
4	18	M1
5	12	M3
6	30	M4
7	5	M2
8	26	M1
9	17	M2
10	16	M3
11	20	M3

Suma Ts = 168

Solución.

Como primer paso se define el tiempo de cuello de botella que, en este, caso es el de la operación No.6, que se realiza con una máquina tipo M4, la cual según el ejemplo, sólo se cuenta con una unidad.

Recordando que el tiempo de cuello de botella es el tiempo estándar de la operación más lenta, se definirá $T_b = 30$ min.

La eficiencia actual de la línea sin balancear es:

$$E_l = \left[\frac{\text{suma } T_{si}}{N * T_b} \right] \times 100 = \frac{(9+7+8+18+12+30+5+26+17+16+21)}{(11 * 30)}$$

$$E1 = \left[\frac{168 \text{ min.}}{330 \text{ min.}} \right] \times 100 = 50.91 \%$$

El balance consistirá en unir operaciones que se realicen en el mismo tipo de máquina, reorganizándolo las actuales estaciones de trabajo, en nuevas, de tal manera que la suma de los tiempos estándar de las operaciones agrupadas en una estación, sea lo más cercano al tiempo de cuello de botella.

Balance para maquina M1:

Ts min.	OPERACION	OP1	OP4	OP8
9	OP1	----	27	34
18	OP4		----	44
26	OP8			----

El balance queda como: Estación 1: OP1 y Op4 Ts = 27 min
Estación 2: OP8 Ts = 26 min.

Balance para máquinas tipo M2:

Ts min.	OPERACION	OP2	OP7	OP9
7	OP2	-----	12	24
5	OP7	-----	-----	22
17	OP9	-----	-----	-----

En este caso la combinación de operaciones da tiempos muy lejanos al tiempo de cuello de botella, la suma total de las

tres operaciones es igual a $T_s(2,7,9) = 29$ min. el cual es un tiempo que se acerca más al tiempo de cuello de botella, así que se asignarán las tres operaciones a una misma estación de trabajo.

Balance máquinas tipo M3:

Ts min.	OPERACION	OP3	OP5	OP10	OP11
8	OP3	-----	20	24	28
12	OP5	-----	-----	28	32
16	OP10	-----	-----	-----	36
20	OP11	-----	-----	-----	-----

El balance quedará como:

Estación 4 = $T_s(OP5, OP10) = 28$ min.

Estación 5 = $T_s(OP3, OP11) = 28$ min.

Luego de haber terminado el balance, el nuevo sistema de la línea de producción se representa en la tabla siguiente:

No. ESTACION	OPERACIONES	Ts (min)	T(ocioso)
1	[1] + [4]	27	3
2	[8]	26	4
3	[2]+[7]+[9]	29	1
4	[5] + [10]	28	2
5	[3] + [11]	28	2
6	[6]	30	0
SUMATORIA		168 min	12 min

$$\text{Eficiencia de línea} = \left[\frac{168 \text{ min.}}{6 \times (30 \text{ min})} \right] * 100 = 93.33\%$$

Con base en el balance realizado se puede comprobar que la eficiencia se mejoró notablemente, elevandose de un 50 % al 93 %, logrando con esto un proceso más continuo y con poco tiempo ocioso.

5.1.2 Balance de líneas con base en el ritmo de producción.

Este método para balancear líneas se utiliza en el caso de que se cuente con líneas que producen productos intermitentes o de tipo estacional. Este tipo de líneas de producción deben ajustarse a un ritmo de producción, con el fin de cumplir tiempos de entrega o cuotas de producción. El método de balance de líneas con base en el ritmo de producción se utiliza mucho en la industria que cuenta con procesos semi-automáticos, tales como la confección, carpintería, panadería, etc, y, es el más utilizado.

El objetivo de este balance consiste en ajustar la o las líneas de producción para que cumplan con un ritmo de trabajo diario; este ritmo de trabajo será igual al número de unidades de producto terminado que se deban producir por unidad de tiempo.

$$\text{Ritmo (R)} = \frac{\text{(Número de unidades)}}{\text{(Unidad de tiempo)}}$$

Además de los conceptos manejados en método de balance de líneas con base en el tiempo de cuello de botella, se manejarán los conceptos siguientes:

a. jornada de trabajo.

La jornada de trabajo es el tiempo expresado, generalmente, en minutos, con los que se cuentan por día de trabajo. Para Guatemala, según el código de trabajo vigente, existen tres tipos de jornadas de trabajo;

- jornada diurna: que equivale a 8 horas/día,
- jornada mixta: que equivale a 7 horas/día,
- jornada nocturna: que equivale a 6 horas/día,

b. tiempo de jornada de trabajo. (J)

Este es el tiempo de trabajo efectivo que se tiene, luego de descontar tiempos de almuerzo o descansos programados durante la jornada de trabajo, tales como tiempos para refaccionar,

c. operaciones por jornada.

Este es el número de operaciones que puede realizar una estación de trabajo en una jornada efectiva de trabajo, se determina mediante la fórmula siguiente;

$$\text{OPER/JOR} = \frac{(\text{Tiempo de jornada (J)})}{(\text{Tiempo estándar (i)})}$$

d. costo por minuto.

Este dato se obtiene con base en el salario diario que devenga un operario, en su tiempo normal de trabajo. Se calcula con base en la fórmula siguiente;

$$\text{COST/MIN} = \frac{(\text{SALARIO BASE})}{(\text{JORNADA DE TRABAJO (J)})}$$

e. costo por operación.

Este es el costo en el que se incurre por realizar cada operación de trabajo, en una línea de producción y está dado por la fórmula;

$$\text{COSTO/OPER.} = (\text{COST/MINUTO})(T_{si})$$

f. número de estaciones de trabajo de la línea. (Ne)

Este dato se refiere al número de estaciones de trabajo con los cuales se espera contar en toda la línea de producción para poder cumplir con la demanda de producción requerida, ritmo de producción, y con base en este dato, se obtiene un parámetro teórico de cuantas estaciones deben existir en la línea de producción para que sea eficiente. Se calcula con base en la fórmula siguiente;

$$N_e = \frac{(\text{Ritmo (R)})(T_{s/\text{uni}})}{(\text{TIEMPO DE JORNADA (J)})}$$

En donde $T_{s/\text{uni}}$. es el tiempo estándar en producir una unidad como producto terminado. Este dato se utiliza en balances de líneas que cuentan con muchas operaciones manuales,

g. número de estaciones de trabajo por operación. (Ne/op)

Este dato se refiere al número de estaciones de trabajo o personas que deberán trabajar en una estación de trabajo dependiendo del ritmo de producción que tenga la línea y del tiempo disponible por jornada de trabajo. Se define mediante la fórmula siguiente;

$$Ne/oper = \frac{(Ritmo (R))(Tiempo standar i)}{Tiempo de jornada (J)}$$

Este dato proporciona la cantidad de personas o maquinaria que debe trabajar en cada operación para cumplir con el ritmo de producción esperado.

Para comprender mejor este método de balance de líneas se desarrollará el siguiente ejemplo:

Se cuenta con un proceso de fabricación, el cual consta de quince operaciones diferentes en línea, semi-automáticas y manuales, las cuales se realizan con equipo y maquinaria, la cual interviene en varias operaciones del proceso. Esta empresa tiene el compromiso de entregar 11,000 unidades de producto terminado cada 22 días hábiles de trabajo. cuenta con 105 trabajadores para la línea de producción y el salario base por día de trabajo, es de Q.25.00, en jornada diurna.

Se desea saber si se puede cumplir con la demanda de producto requerida y si se puede aumentar, ya que el producto tiene gran éxito en el mercado. Los accionistas de la empresa desean que la línea de producción sea lo más eficiente

posible. El analista de métodos de la planta ha determinado que las concesiones de trabajo por fatiga igual al 6%, retrasos personales 4% y retrasos inevitables del proceso 5%, además, se le otorga a los empleados 15 minutos para refaccionar y 45 minutos para almorzar.

Los datos de tiempos cronometrados para el proceso, así como su calificación de actuación, se presentan en la tabla siguiente:

OPERACION	MAQUINA	CALIFICACION	TIEMPO CRONOMETRADO (T _c)
1	M1	110%	10 min.
2	MANUAL	95%	20 min.
3	M1	90%	5 min.
4	M2	95%	3 min.
5	M4	90%	15 min.
6	MANUAL	90%	25 min.
7	M3	95%	16 min.
8	M1	100%	8 min.
9	M2	90%	5 min.
10	MANUAL	95%	3 min.

Sumatoria: 110 min.

Adicionalmente, se cuenta con la siguiente capacidad

TIPO DE MAQUINA	NUMERO DISPONIBLE
M1	17
M2	8
M3	16
M4	10
OPERARIOS	16

Solución.

Con base en los datos anteriores, se deben obtener los datos básicos para el inicio del balance de línea, como lo son el ritmo de producción, el tiempo de jornada y el porcentaje de concesiones.

a. Tiempo de jornada. (J)

Como es una jornada diurna, el tiempo de trabajo equivale a 8 horas de trabajo diario, iguales a 480 minutos. por lo que eliminando los tiempos por refacción y almuerzo, la jornada de trabajo equivale a:

$$J = (480 \text{ min}) - (15 \text{ min.} - 45 \text{ min})$$
$$J = 420 \text{ min.}$$

b. Ritmo de producción.

El ritmo de producción se utilizará para medir la capacidad de la línea y realizar el balance, tomando el pedido de 11,000 uni. en 22 días el ritmo será igual a:

$$R = \frac{(11,000 \text{ uni.})}{(22 \text{ días})} = 500 \text{ uni/día.}$$

c. Porcentaje de concesiones.

Este dato se obtiene sumando todos los porcentajes dados por retrasos personales y de proceso y servirán para calcular el tiempo estándar.

$$\% \text{ Concesiones} = (6\% + 4\% + 5\%) = 15\%$$

Con los datos bases anteriores se procede a calcular el tiempo normal (Tn), tiempo estándar (Ts) operaciones por jornada (OPER/J) y el número de estaciones por operación; a continuación se realizarán todos los calculos para la operación 1 y, luego, se presentará una tabla con los datos consolidados de todas las operaciones.

a. Tiempo normal:

$$Tn(1) = (Tc(1))(\% \text{calf}(1))$$

$$Tn(1) = (5 \text{ min.})(1.10) = 5.50 \text{ min.}$$

b. Tiempo estándar:

$$Ts(1) = (Tn(1) + Tn(1) * (\% \text{ concesiones}))$$

$$Ts(1) = (5.50 \text{ min} + (5.50 \text{ min})(0.15))$$

$$Ts(1) = 6.33 \text{ min.}$$

c. Operaciones por jornada para operación 1:

$$\text{OPER/J}(1) = \frac{(\text{TIEMPO DE JORNADA})}{(\text{TIEMPO STADAR (1)})}$$

$$\text{OPER/J}(1) = \frac{420 \text{ min./J}}{6.33 \text{ min./oper}} = 66.35 \text{ OPER/J}$$

Para obtener un balance lo más exacto posible es, recomendable trabajar con tiempos pesimistas, por lo que para el dato de operaciones por jornada, los decimales se truncan y no se toman en cuenta.

d. Número de estaciones de trabajo por operación:

$$Ne/oper(1) = \frac{(\text{Ritmo } (R))(\text{Ts}(1))}{(\text{Tiempo de jornada})}$$

$$Ne/oper(1) = \frac{(500 \text{ uni./J})(6.33 \text{ min./oper})}{420 \text{ min./J}} = 7.53$$

El número que se obtiene en este caso se debe interpretar de la manera siguiente: cuando se cuenta con suficientes máquinas o personal para cubrir el 0.53 de estación, se debe asignar el número inmediato superior de estaciones; en este caso serían 8 estaciones, pero, si no se cuenta con el suficiente personal o maquinaria, deberá considerarse el trabajar tiempo extraordinario si el decimal es menor de 0.5. La tabla siguiente presenta un resumen de todos los datos calculados para el balance de líneas (tabla 5.1)

BALANCE DE LINEAS TABLA INICIAL (tabla 5.1)

No. OPER.	MAQUIN	Tc	% CALIF	Tn	Ts	OPER/J	Ne/OPER
1	M1	5	110	5.5	6.33	66	7.53
2	MANUAL	6	95	5.7	6.56	64	15.61
3	M1	2	90	1.8	2.07	203	4.93
4	M2	3	95	2.85	3.28	128	7.80
5	M4	8	90	7.2	8.28	51	19.71
6	MANUAL	2	90	1.8	2.07	203	4.93
7	M3	12	95	11.4	13.11	32	31.21
8	M1	4	100	4	4.60	91	10.95
9	M2	3	90	2.7	3.11	135	7.39
10	MANUAL	3	95	2.85	3.28	128	7.80
SUMA		48			52.67	8	

DATOS: TIEMPO DE JORNADA (J) min. 420
 RITMO (R) = uni/día 500
 CONCESIONES = % 15

NECESIDAD DE CAPACIDAD INST.	REAL	DISPONIBLE
MAQUINAS M1:	23.41	24
MAQUINAS M2	15.20	16
MAQUINAS M3	31.21	32
MAQUINAS M4	19.71	20
OPER/MANUAL	28.34	29

Como se puede notar, la necesidad de capacidad instalada es mayor que con la que se dispone, por lo que se debe realizar un balance de tal manera que se pueda cumplir con el ritmo de producción requerido.

Luego de obtener la tabla inicial, se procede a realizar el balance uniendo operaciones que sean realizadas por la misma máquina, de tal manera que se puedan estandarizar los tiempos e igualarlos al tiempo de cuello de botella, que en este caso lo tiene la operación No.7 que se realiza en la máquina tipo M3. Uniendo las operaciones se obtiene el balance siguiente;

Máquinas tipo 1.

Estación 1: operaciones (No.1 + No.3 + No.8)
Suma de tiempos estándar: 6.33 min. + 2.07 min. + 4.60 min.
Suma Ts estación 1 = 13 min.

Máquinas tipo 2.

Estación 2: operaciones (No.4 + No.9)
Suma de tiempos estándar: 3.28 min. + 3.11 min. = 6.39

Las máquinas tipo M3 y M4, se utilizan en un solo tipo de operación, por lo que no se modifican y serán las estaciones de trabajo número tres y cuatro.

Operaciones manuales.

Estación 5: Operaciones (No.2 + No.6 + No.10)
Suma de tiempos estándar: 6.56 min. + 2.07 min. + 3.28 min.
Ts estación No.5 = 11.91 min.

Con base en los datos anteriores, se procede a realizar el balance de líneas, el cual se presenta en la tabla No.5.2

BALANCE DE LINEAS TABLA 5.2

ESTACIO	OPER.No.	Ts	MAQUIN	OPER/J	Ne/OPER	MAQ/ASI	OPER/ES
1	1+3+8	13	M1	32	15.48	16	512
2	4+9	6.39	M2	66	7.61	8	528
3	7	13.11	M3	32	15.61	16	512
4	5	8.28	M4	51	9.86	10	510
5	2+6+10	11.91	MANUAL	35	14.18	15	525
SUMA		52.69					

DATOS: TIEMPO DE JORNADA (J) min. 420
 RITMO (R) = uni/dia 500
 CONCESIONES = % 15

NECESIDAD	TEORICA	MAQ/DIS	MAQ/ASI	T.Extra
MAQUINAS M1:	15.48	17	16	ninguna
MAQUINAS M2	7.61	8	8	ninguna
MAQUINAS M3	15.61	16	16	ninguna
MAQUINAS M4	9.86	10	10	ninguna
OPER/MANUAL	14.18	16	15	ninguna

Del balance anterior que se presenta en la tabla 5.2, se puede observar que si se cuenta con los requerimientos de mano de obra producidos por día, ya que todas las estaciones de trabajo pueden producir más de quinientas unidades por día.

Se puede notar, también que, inicialmente, cuando las operaciones se realizaban por separado, no se contaba con el personal y la maquinaria suficiente para producir las unidades por día, requeridas para cumplir con el pedido.

En el caso de que no se contara con la mano de obra y la maquinaria suficiente para poder con los requerimientos de ritmo de producción, se debe considerar el pagar tiempo extraordinario.

El tiempo extraordinario se utiliza tanto para cumplir con aumentos programados en el ritmo de producción, por aumentos producidos por sobreventas de productos, fallos en las líneas de producción por mal funcionamiento de maquinaria o por ausencia de personal, para lo cual el problema de balance de líneas debe ser replanteado como se verá en el ejemplo siguiente.

Tomando como base el balance de la tabla 5.2, la cual puede producir 500 unidades de producto terminado, en una jornada normal de trabajo de 420 min. se produce una sobreventa de producto, lo cual aumenta el pedido a 17,600 unidades, las cuales deberán ser entregadas dentro de 22 días hábiles, la planta, normalmente, en jornada diurna, 8 horas por día, lo cual permite según el código de trabajo, un máximo de cuatro horas extras de trabajo por día hábil.

El Gerente de Ventas desea saber si la fábrica puede cumplir con este incremento el tiempo estipulado.

Solucion.

Como primera parte se debe establecer el nuevo ritmo de producción al que se necesita trabajar para cumplir con el pedido, el cual está dado por:

$$R = \frac{17,600 \text{ uni.}}{22 \text{ días.}} = 800 \text{ uni/día}$$

Todos los demás datos son iguales, jornada de trabajo de 420 min. efectivos. La situación inicial se presenta en la tabla 5.3.

BALANCE DE LINEAS TABLA 5.3

ESTACIO	T _s	MAQUIN	OPER/J	Ne/OPER	MAQ/ASI
1	13.00	M1	32	24.76	25
2	6.39	M2	65	12.17	12
3	13.11	M3	32	24.97	25
4	8.28	M4	50	15.77	16
5	11.91	MANUAL	35	22.69	23
SUMA	52.69				

DATOS: TIEMPO DE JORNADA (J) min. 420
 RITMO (R) = uni/día 800
 CONCESIONES = % 15

ESTACIO	TEORICA	MAQ/DIS	DIFEREN.	OP/EST/	NECESID	DIFER.
1	25.00	17	8	544	800	-256
2	12.00	8	4	520	800	-280
3	25.00	16	9	512	800	-288
4	16.00	11	5	550	800	-250
5	23.00	16	7	560	800	-240

Como se puede notar, no se puede cumplir con el ritmo de producción sin que se aumente el número de máquinas o el tiempo de trabajo.

Para este ejemplo se aumentará el tiempo de jornada utilizando horas extras.

Por lo que el tiempo extra se determinara de la manera siguiente:

TIEMPO EXTRA

POR ESTACION $\frac{TS(ESTACION) * (DIFERENCIA OPER/JORN)}{No. ESTACIONES/JORNADA}$
 DE TRABAJO

El cálculo para la estación uno será:

$$\text{Estacion 1} = (13 \text{ min/Oper}) * (256 \text{ Oper/Jor}) / (17 \text{ Est/Jor})$$

$$\text{Estacion 1} = 237.71 \text{ min.} = 3.96 \text{ Hr.}$$

ESTACIO	TEORICA	MAQ/DIS	TS	DIFER.	Time.Ext	Horas
1	25.00	17	13.00	256	195.76	3.26
2	12.00	8	6.39	280	223.65	3.73
3	25.00	16	13.11	288	235.98	3.93
4	16.00	11	8.28	250	188.18	3.14
5	23.00	16	11.91	240	178.65	2.98
		SUMA	52.69			

Como el tiempo extra necesario para cumplir con el pedido no exede de las 4 hr/jor diurna que dicta la ley, entonces si se puede cumplir con el pedido en el tiempo fijado.

En el caso de que no se contara con suficiente capacidad instalada se debe evaluar la posibilidad de ampliarla, comprando más máquinas o contratando más gente, si esto no es posible, debe reducirse el ritmo de producción de tal manera que sólo se utilicen las horas extras máximas que dicta la ley en el código de trabajo

5.2 Cálculo de costo por operación.

El objetivo de esta parte del balance de líneas es determinar el costo que representa cada una de las operaciones que se llevan a cabo para obtener una pieza de producto terminado y obtener los costos de mano de obra directa.

Tomando como base el ejemplo anterior, se procede a determinar el costo por minuto de la manera siguiente:

$$\text{Costo/min.} = \frac{(\text{salario/día})}{(\text{minutos/jornada})}$$
$$\text{Costo/min.} = \frac{Q 25.00/\text{día}}{480 \text{ min./J}} = 0.052$$

Con base en este dato de costo por minuto, se procede a determinar los costos directos por mano de obra por operación o en el caso de un balance, por estación de trabajo. Tomando como base el ejemplo anterior y la tabla 5.1 y 5.2, se procede a calcular los costos por operación de la línea sin balancear y balanceada. Para la estación No.1 el cálculo es el siguiente:

Estacion No.1

$$\text{Cost/oper/estación} = (T_s(\text{estación}))(\text{cost/min})$$

$$\text{Cost/oper} = (10 \text{ min.})(0.052 \text{ Q/min.}) = Q 0.676$$

Operación 1.

$$\text{Cost/oper} = (6.33 \text{ min.})(0.052 \text{ Q/min}) = Q 0.3292$$

En la tabla siguiente se resumen los costos por operación del ejemplo anterior:

OPER.No.	TIPO MAQ	Ts (min.)	COST/OPER
1	M1	6.33	0.3292
2	MANUAL	6.56	0.3411
3	M1	2.07	0.1076
4	M2	3.28	0.1706
5	M4	8.28	0.4306
6	MANUAL	2.07	0.1076
7	M3	13.11	0.6817
8	M1	4.60	0.2392
9	M2	3.11	0.1617
10	MANUAL	3.28	0.1705
SUMA	-----	52.69	2.7398

En la tabla siguiente se presenta el resumen de los costos por operación de la tabla 5.2.

ESTACION	OPER.No.	Ts (min.)	TIPO OPER	COST/OP/EST
1	1+3+8	13	M1	0.676
2	4+9	6.39	M2	0.332
3	7	13.11	M3	0.682
4	5	8.28	M4	0.431
5	2+6+10	11.91	MANUAL	0.619
SUMA	-----	52.69	-----	2.74

Por lo que de costos directos de mano de obra directa se esta pagando la cantidad de Q 2.74 por unidad.

Para el cálculo total de costos se deben incluir los costos de materia prima, costos fijos y costos indirectos, sumarlos y, luego, hacer el cálculo para el precio de venta.

5.2.1 Cálculo de costos con tiempo extra.

Cuando se utiliza tiempo extra, se debe multiplicar el costo por minuto por 1.5 y cargarlo al costo del producto, esto se puede hacer de manera individual a cada pieza de producto terminado, pero, es mucho más sencillo cargar este costo de producción extra al lote completo.

Por ejemplo en el caso de la tabla 5.3, se tiene que se deberán pagar, para cumplir con el pedido, un total de 16.94 horas extras, por día. El costo por minuto de estos ejemplos es de 0.052 Q/min, por lo que el costo por unidad varía y las horas extras deben ser diluidas en todas las unidades que se obtienen por día, por lo que el valor de tiempo normal que es de Q 2.74 por pieza debe cambiar.

Si se conoce el costo por operación en tiempo normal, el costo por operación en tiempo extra será:

$$\text{Costo/oper(Tiempo extra)} = \text{Costo/oper(tiempo normal)} * 1.5$$

Por lo que para calcular el costo total de cada pieza incluyendo el tiempo extra, se deben obtener los costos en tiempo normal y tiempo extra, de las operaciones necesarias para cumplir con el ritmo de producción requerido por día, así como se muestra en la tabla 5.4.

TABLA 5.4 COSTO DE OPERACION CON TIEMPO EXTRA.

OPER.No.	COST/OP Ts	NUMERO OPER/Ts	NUMERO OPER/Te	COSTO TS	COSTO Textra
1	0.676	544	256	367.74	259.58
2	0.332	520	280	172.64	139.44
3	0.682	512	288	349.18	294.62
4	0.431	550	250	237.05	161.63
5	0.619	560	240	346.64	222.84
SUMA	2.74			1473.26	1078.11

$$\text{COSTO POR UNIDAD} = \frac{\text{COSTO TIEMPO ESTANDAR} + \text{COSTO TIEMPO EXTRA}}{\text{RITMO DE PRODUCCION POR DIA}}$$

$$\text{COSTO/UNIDAD} = (1473.26 + 1078.11)/800 = 3.189$$

Por lo que cada pieza que se obtenga con este ritmo de produccion debera costar Q 3.189.

Este cálculo debera realizarse cada vez que se utilice tiempo extra de jornada poder cumplir con el mismo.

Debe entenderse como costo de tiempo estándar, el costo de fabricar las piezas en el tiempo de jornada establecido

HERRAMIENTAS GRAFICAS PARA EL ANALISTA DE METODOS

En este capítulo se analizarán los diagramas básicos que darán al analista de métodos una visión objetiva y un panorama general de la situación de un proceso de producción. Los diagramas que se analizarán son los siguientes:

- a) diagrama de proceso,
- b) diagrama de flujo del proceso,
- c) diagrama de recorrido del proceso.

Con base en los tres diagramas anteriores se puede obtener en términos generales, cuál es la situación actual de un sistema de producción, localizando posibles demoras, verificando si la distribución en planta es la adecuada y si el tiempo de proceso de un producto es el adecuado.

Se puede decir, por lo tanto, que los tres diagramas anteriores sirven para exponer un problema y son el inicio para el análisis de estudio de métodos, en base al cual se determinarán las necesidades que demanda el sistema para cumplir con los requerimientos de eficiencia y productividad.

1.1. Diagrama de proceso.

Este es el más simple de los tres diagramas, muestra un panorama secuencial de todas las operaciones de que consta un proceso, incluyendo el tiempo que tarda cada operación, está compuesto por los símbolos siguientes;

a. círculo: indica operación,

b. cuadrado: indica inspección,

c. círculo dentro de un cuadrado: indica operación e inspección combinado.

1.2 Diagrama de curso o flujo del proceso.

Este diagrama es similar al de proceso, pero, con la diferencia de que en éste se incluyen los trasportes, demoras y almacenamientos que ocurren a lo largo del proceso.

Dicho diagrama tiene como finalidad mostrar un panorama más detallado del proceso de producción y, de esta manera, analizar los distintos factores que afectan la continuidad del proceso. Incluye la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar, ya sea en un proceso de producción o administrativo, desde la llegada de la materia prima, hasta el proceso final de empaque de producto terminado, señala todas las entradas de ingredientes o componentes alternos del sistema, al conjunto de la línea principal.

De esta manera, se cuenta con un panorama global, de las diferentes partes que forman el proceso, proponer mejoras y tratar, al máximo, que el flujo del proceso sea continuo.

El diagrama de flujo es, principalmente, valioso en el registro de costos ocultos, tales como distancias recorridas innecesariamente, demoras y almacenajes temporales, etc.

Una vez que estos períodos no productivos son resaltados por el diagrama, el analista pueda dar pasos para mejorar el

...stema. Este diagrama, además de registrar las operaciones e inspecciones, muestra todos los movimientos que describe un producto determinado a lo largo de la línea de producción.

Además de los símbolos que se utilizan en el diagrama de proceso usa los siguientes:

- transporte: es el movimiento de un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento toma lugar durante el curso normal de una operación o una inspección, el transporte debe ser mayor a 1 metro para tomarse como tal.
- almacenamiento: ocurre cuando a lo largo de la línea del sistema de fabricación, un producto es guardado o almacenado, temporalmente.
- espera: ocurre cuando en una parte del sistema de fabricación, el producto no puede pasar a la siguiente etapa del proceso.

1.3 Diagrama de recorrido.

Los diagramas de proceso y flujo del proceso, suministran la mayor información de un proceso de fabricación, pero, no incluyen la representación en planta, de todo lo que ocurre en el proceso, de lo cual se encarga el diagrama de recorrido.

Este diagrama muestra la secuencia de fabricación en las instalaciones de la fábrica u oficina de donde se está haciendo el estudio, por lo que es una representación gráfica de la distribución de zonas, edificios,

maquinaria, etc, que se registran en el diagrama de flujo del proceso.

En este diagrama debe identificarse cada actividad por símbolos y números que correspondan a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. El sentido del flujo se indica colocando periódicamente pequeñas flechas a lo largo de las líneas de recorrido.

Ejemplo.

Se tiene un proceso de fabricación de botes de lata para envasar pintura, el proceso consta de seis operaciones simples y dos operaciones combinadas, con trasportes entre operaciones y almacenajes al inicio y al final, en la tabla siguiente se muestran los datos para elaborar los siguientes diagramas:

- a. de operaciones del proceso,
- b. de flujo del proceso,
- c. de recorrido.

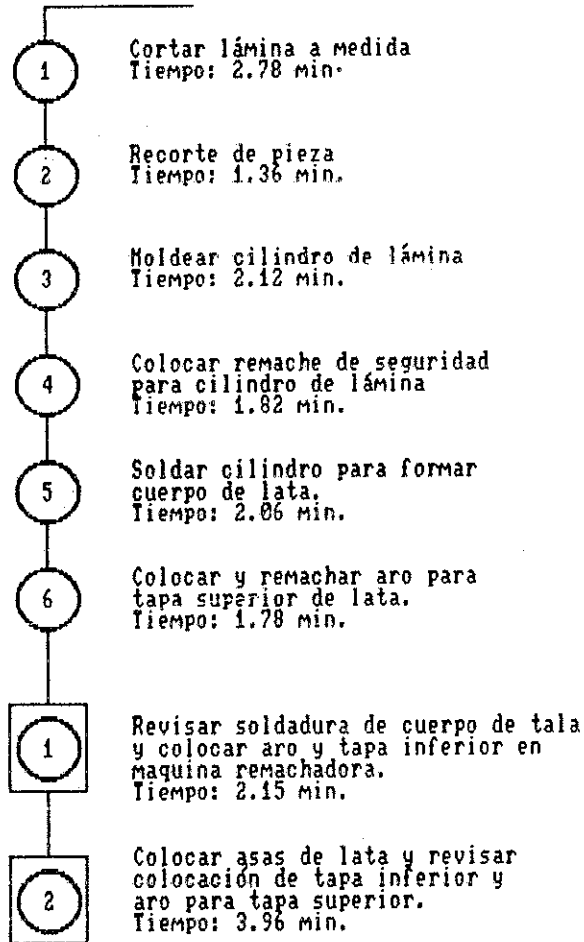
PROCESO: FABRICACION DE BOTES DE LATA PARA PINTURA.

Descripción de la operación	UNIDADES
Transporte de material a cortadora	8 mts.
Cortar lamina	2.78 min.
Transporte a recorte de piezas	3 mts.
Recortar piezas	1.36 min.
Transporte a enrolladora de lámina	2 mts.
Enrolar lámina para formar lata	2.12 min.
Poner remache	1.82 min.
Transporte a área de soldadura	4 mts.
Soldar piezas (paredes de lata)	2.06 min.
Sobre poner y ensamblar aro superior	1.78 min.
Revisar soldadura y colocar aro y tapa inferior	2.15 min.
Colorar asas y revisar colocación de piezas	3.96 min.
Transporte a bodega de producto terminado	10 mts.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

PRODUCTO: FABRICACION DE BOTES DE LATA
 METODO: ACTUAL
 IDENTIFICACION: LATAS PARA PINTURA
 INICIA: BODEGA DE MATERIA PRIMA

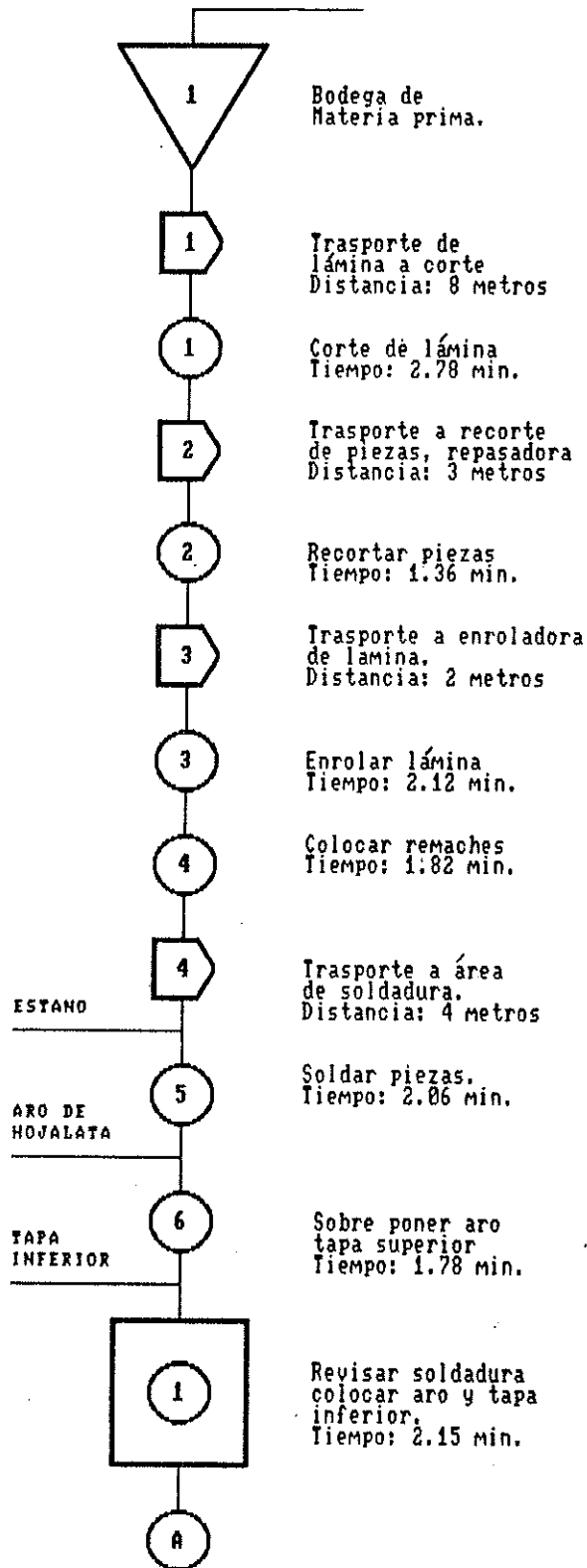
FABRICA: FABRICA DE ENVASES EJEMPLO
 FECHA: 6/FEBRERO/1999
 ANALISTA: HUGO MENDEZ
 FINALIZA: BODEGA PRODUCTO TERMINADO

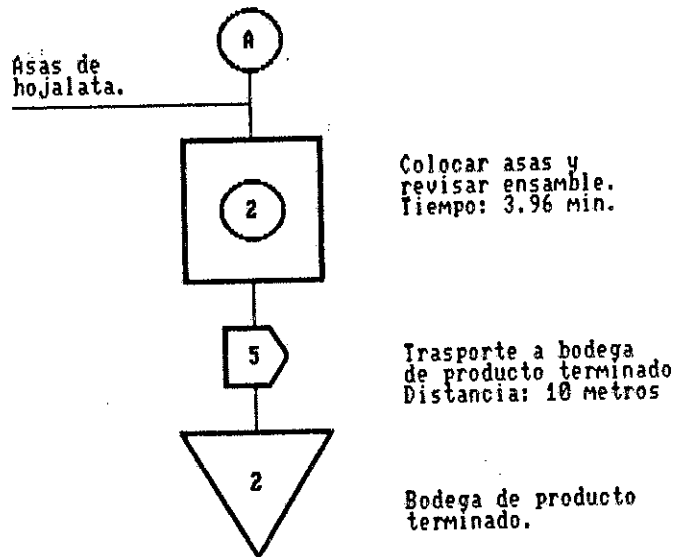


DESCRIPCION	SIMBOLO	CANT	TIEMPO
OPERACION	○	6	11.92 min.
OPERACION INSPECCION	◻○	2	6.11 min.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

PRODUCTO: FABRICACION DE BOTES DE LATA FABRICA: FABRICA EJEMPLO
METODO: ACTUAL FECHA: 6/2/92
IDENTIFICACION: FABRICACION DE LATAS DE PINTURA ANALISTA: HUGO MENDEZ
INICIA: BODEGA DE MATERIA PRIMA FINALIZA: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO








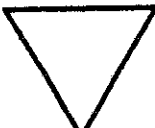
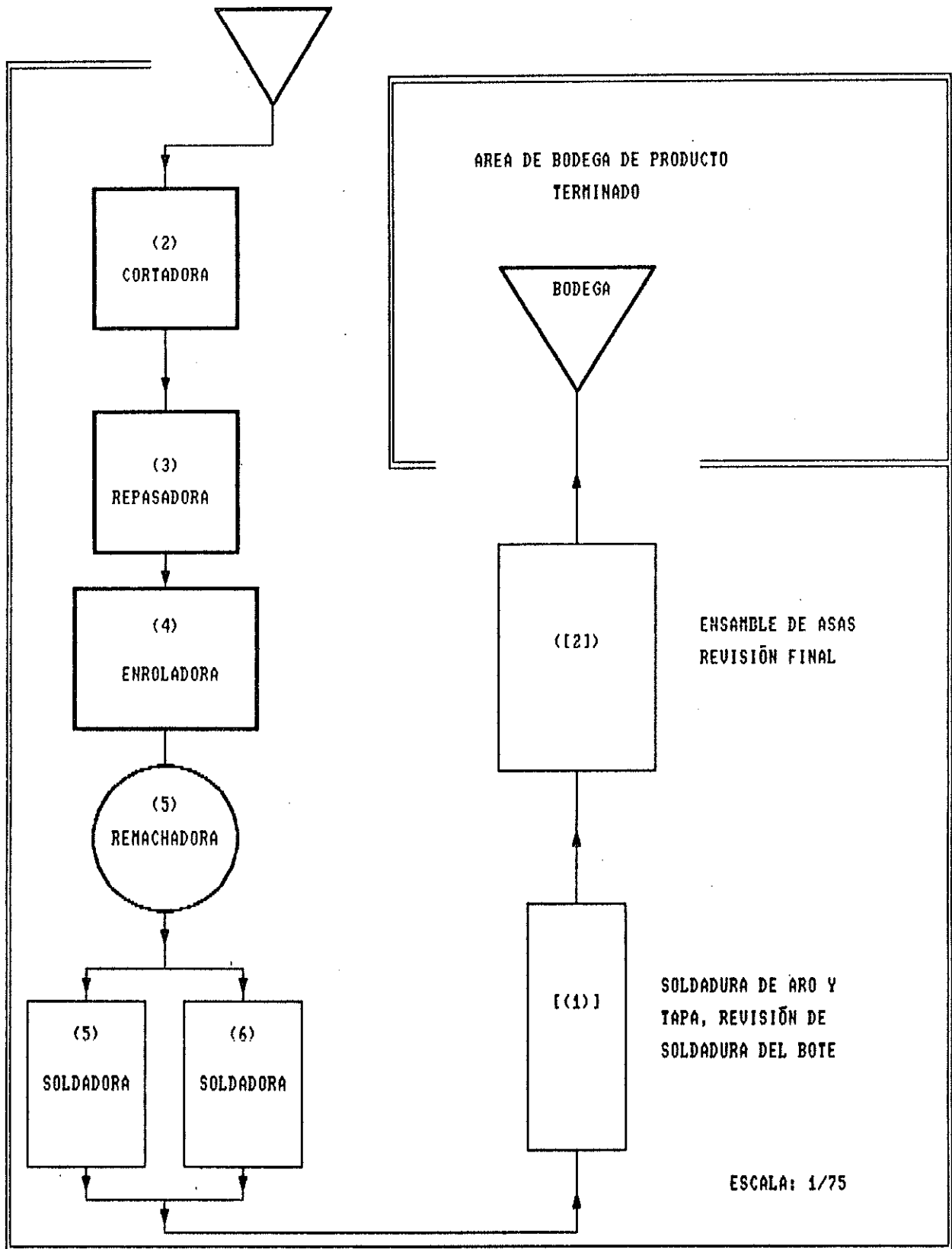
DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	TOTAL/UNIDAD
OPERACION		6	11.92 min.
OPERACION E INSPECCION		2	6.11 min.
TRASPORTE		5	18 mts.
ALMACENAJE		2	

DIAGRAMA DE RECORRIDO

BODEGA DE MATERIALES



DISTRIBUCION EN PLANTA DEL PROCESO DE FABRICACION DE BOTES DE LATA

ANEXO 2

Análisis de condiciones de trabajo

El análisis de las condiciones de trabajo se refiere al medio en el cual se realiza el trabajo enfocado a buscar condiciones apropiadas, seguras y cómodas para el trabajador.

En actividades fabriles y de oficinas administrativas se ha demostrado que se puede mejorar la eficiencia de los trabajadores, disminución de errores de tipo humano y mejor disposición al trabajo, conservando un ambiente de trabajo adecuado.

Las condiciones generales que deben tomarse en cuenta son las siguientes:

2.1. Iluminación en áreas de trabajo.

El nivel de iluminación adecuado, depende de la actividad que se realice y el área donde se efectúe. Los factores más importantes para obtener un nivel de iluminación adecuado son:

- nivel luminico adecuado a la actividad que se realice,
- uniformidad de la luz en áreas de trabajo,
- ausencia de deslumbramiento,
- graduación de sombras,
- color de luz adecuado a la actividad que se realice.

Algunas de las maneras de obtener iluminaciones adecuadas en sitios de trabajo son:

- reducción de deslumbramiento, instalando el número de lámparas adecuado, que suministren la cantidad de lúmenes requerido para la actividad en proceso, este cálculo del número de lámparas corresponde al área de Ing. eléctrica;
- Utilizar lámparas de luz fluorescente, de preferencia lámparas de luz de día, las cuales permiten una dispersión mayor sobre las superficies de trabajo;
- eliminación de sombras en áreas de trabajo, proporcionando el nivel correcto de iluminación en todos los puntos de la estación de trabajo, identificando las zonas con exceso de iluminación y las zonas con insuficiencia;
- utilización al máximo de la luz natural, mediante la instalación de ventanas que permitan la entrada de la mayor cantidad de luz solar en forma indirecta, para comodidad de los empleados.

2.2 Control de temperatura.

La temperatura es un factor que afecta al trabajador, física y psicológicamente, acelerando el cansancio y la fatiga.

El cuerpo humano debe conservar una temperatura no mayor de los 36.9 C, cuando el cuerpo humano se expone a temperaturas mayores, el cuerpo se somete a una pérdida de

agua por la traspiración y de cloruro de sodio y sales minerales. Todo esto es una pérdida directa al sistema y puede alterar el equilibrio normal de los líquidos del organismo. El resultado se traduce en fatiga y calambres por el calor, que ocasionan, a su vez, una disminución en la producción.

Por otra parte, estudios de tiempo muy detallados han demostrado pérdida de producción ocasionada por condiciones de demasiado frío y se ha demostrado que la temperatura debe regularse entre 18 y 24 grados centigrados, durante todo el año.

2.3 Ventilación.

La buena ventilación juega un papel muy importante en el análisis de métodos de trabajo, ya que se ha comprobado que se aminora la eficiencia física de un trabajador, cuando se encuentra expuesto constantemente a gases, olores desagradables, polvos, vapores.

Los resultados de laboratorio indican que el efecto deprimente de una mala ventilación está asociado al movimiento de aire y a su temperatura y humedad.

Cuando se eleva el grado de humedad, el enfriamiento por medio de la evaporación decrece rápidamente, reduciendo la capacidad del organismo para disipar el calor. Estas condiciones hacen que el ritmo cardíaco se acelere y que la temperatura del organismo aumente, dando como resultado una lenta recuperación, luego de terminar las labores, las cuales se resume en fatiga general.

2.4 Control de ruido.

Los ruidos son causa frecuente de fatiga para el personal de una fábrica. Ruidos monótonos, constantes, tienden a exitar emocionalmente a un trabajador, alterando su estado de ánimo y entorpeciendo las tareas que realiza, especialmente si son tareas de precisión, sin olvidar los posibles conflictos personales y mala conducta entre los trabajadores.

Se ha demostrado, experimentalmente que niveles de ruido irritantes aceleran el pulso, elevan la presión sanguínea y pueden llegar a causar irregularidades en el ritmo cardiaco. Para contrarrestar el efecto del ruido el sistema nervioso del organismo se fatiga, llegando a producir estados de neurastenia.

Por lo tanto, es de suma importancia eliminar o aislar, los ruidos molestos, tales como rechinos causados por maquinaria en mal estado u oxidada, piezas no aseguradas, techos en mal estado, así como mobiliario y equipo viejo en mal estado.

Las zonas en donde no sea posible eliminar el ruido, ya que son producidos por maquinaria pesada, en el caso de la industria textil en la cual los telares utilizados provocan mucho ruido; en la industria del acero y hierro, vidrio, etc. Debe tratarse de dotar a los trabajadores de equipo que permita disminuir el ruido, tales como tapones, protectores de oídos en forma de audifonos, etc.

Las instalaciones donde se localiza personal administrativo, deben ser diseñadas con materiales aislantes de ruido y tratar que estén lo más retirado posible de las zonas de emisión de ruido.

Todas estas precauciones deben ser tomadas en cuenta para que las actividades, tanto fabriles como administrativas se lleven a cabo de una manera eficiente tomando como factor primordial que la comodidad con que el empleado realice su trabajo redunde, grandemente, en la calidad de su trabajo.

2.5) Orden limpieza y cuidado de locales

Este es un factor de mucha importancia, tomando en cuenta que la comodidad con que un trabajo sea realizado, incrementará los índices de productividad en cualquier empresa. Un programa adecuado de control de estos aspectos dará como resultado una disminución en la probabilidad de incendios y accidentes, mantendrá el buen ánimo del personal manteniendo áreas de trabajo libres de basura o desperdicios.

La estadística de accidentes industriales indican que un gran porcentaje de accidentes es el resultado de ineficiencias en el cuidado de locales en donde se trabaja y la política de " un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar" (ref 4 pag 82) debe de mantenerse.

Cuando la disposición general en una fábrica o planta

muestra el deseo de la dirección y el personal de supervisión de conservar el orden, la limpieza y el cuidado del lugar, los propios empleados y obreros se inclinarán a seguir el ejemplo y aplicarán las medidas correspondientes para mantener dichas condiciones.

Muchas veces un cambio en el aspecto del local o área de trabajo hace que los empleados cambien su actitud mental hacia el trabajo de una manera positiva. Toda tarea que se realiza con agrado y comodidad, siempre será más productiva que algo que se hace en condiciones molestas y con incomodidad.

2.6 Seguridad en el trabajo.

La ingeniería de métodos tiene como fin encontrar la manera más eficiente y efectiva de realizar actividades que den como resultado mejores sistemas de producción, por la que la seguridad e higiene industrial en el trabajo, es un factor a considerar dentro de un estudio de métodos.

Un accidente representa siempre, una pérdida, ya sea en tiempo, trabajo o dinero, por lo que los riesgos de accidente o de incidentes es conveniente que se reduzcan al máximo.

El primer paso para reducir el riesgo a un accidente es localizar los focos de peligro, los cuales pueden ser:

- falta de capacitación para el manejo de maquinaria y manejo de herramientas,

- protección inadecuada, tanto de maquinaria como de

- personal de trabajo,
- localización inadecuada de zonas de almacenaje de productos tóxicos, inflamables o corrosivos, maquinaria de trabajo y herramientas, zonas de producto terminado y en proceso y materia prima,
- condiciones generales de edificios y estaciones de trabajo, señalización de zonas de peligro o cuidado, higiene, etc.

Las medidas preventivas que deben tomarse en cuenta para evitar accidentes o incidentes, pueden dividirse en tres áreas;

- a. medidas para el personal de trabajo,
- b. medidas para control de maquinaria,
- c. medidas de control para instalaciones de trabajo.

a. Medidas para el personal.

Un trabajador que realiza su trabajo de una manera cómoda, segura e higiénica, será siempre más eficiente que otro trabajador que lo haga en condiciones inapropiadas de trabajo, para lo cual es conveniente tomar las consideraciones siguientes:

- dotar del equipo apropiado de trabajo, de acuerdo a la actividad que realice y dependiendo a los riesgos a los que se encuentren expuestas las partes vulnerables del cuerpo, tales como ojos, oídos, piel, sistema respiratorio, cabeza y extremidades. El equipo que se le proporcione al trabajador, debe proporcionarle

- la máxima protección posible,
- el trabajador debe recibir adiestramiento sobre el manejo de herramientas, maquinaria que deba manipular, así como del uso y manejo de sustancias tóxicas, corrosivas o explosivas,
 - adiestrar al personal sobre los procedimientos a seguir en una situación de accidente o desastre, así como de adiestramiento en primeros auxilios y equipo para los mismos, también en el uso de equipo contra incendios.

b. Medidas para el control de maquinaria.

Tanto la maquinaria como las herramientas que utilizan los trabajadores, deben mantenerse en buenas condiciones, toma corrientes rotos, botones y palancas de encendido en mal estado representan focos de accidentes. Las medidas preventivas a considerar son las siguientes;

- verificar que la maquinaria tenga sus conexiones eléctricas, de vapor o agua, en buen estado, así como de las defensas o guardas de seguridad diseñadas por el fabricante,
- toda máquina que realice operaciones punso-cortantes debe tener señalización, así como de las partes expuestas que tengan tracción o movimiento tales como poleas, bandas transportadoras, engranajes, rodillos, compuertas, prensas y guillotinas,
- elaborar y velar por que se cumpla un sistema de

mantenimiento preventivo, como parte de la planificación de la producción.

c. Medidas para el control de edificios y áreas de trabajo.

Áreas de trabajo bien diseñadas, con iluminación y ventilación adecuada, instalaciones limpias, servicios sanitarios, son factores que ayudan a aumentar la productividad de los trabajadores, los puntos a tomarse en cuenta son:

- la distribución en planta debe permitir que el flujo del proceso sea lo más continuo posible,
- las instalaciones deben ser inspeccionadas regularmente verificando estructuras, señalización, color de paredes, escaleras y pasillos, pisos, ventanas, entradas y salidas de aire, iluminación, salidas de emergencia en buen estado, zonas de almacenaje de productos corrosivos, tóxicos y explosivos protegidos y en buenas condiciones.

2.7 Control y eliminación de polvos, humos, neblinas irritantes y gases nocivos.

En la mayoría de procesos siempre existen desechos de este tipo que deben ser controlados, ya que constituye uno de los más grandes peligros a los que se exponen los trabajadores. Los principales agentes nocivos que pueden encontrarse en las industrias son los siguientes:

- polvos irritantes, provenientes de metales, piedras

- o rocas,
- polvos corrosivos, como los de sosa y cal,
- polvos venenosos como los provenientes de plomo arsénico o mercurio,
- polvos derivados de pieles, plumas y pelo, que pueden contener gérmenes que puedan infectar al trabajador.

Todos estos peligros deben ser eliminados con medios adecuados, tales como;

- sistema de extracción de polvos o escape de los mismos,
- aislamiento total de procesos,
- dispositivos humedecedores de polvos, o de absorción de los mismos,
- protección adecuada del personal por medio de equipo de respiración personal.

En lugares donde el polvo es el mayor problema, el sistema más adecuado es el de extracción mediante el uso de campanas en los sitios de emisión de polvo.

2.8 Distribución en planta

El objetivo principal de este punto es obtener un sistema de producción que permita la fabricación del número de unidades deseado de un producto con la calidad máxima al menor costo posible, mediante la disposición adecuada de materiales, maquinaria y mano de obra.

Las distribuciones en planta tienen dos clasificaciones básicas que son;

- distribución en línea o por producto,
- distribución funcional o por proceso.

2.8.1 Distribución en línea o por producto.

Con este sistema se distribuye la maquinaria y las estaciones de trabajo de tal modo que el flújo o la circulación de una operación a la siguiente es mínima para cada clase de producto.

Este tipo de distribución es utilizada en la mayoría de procesos de producción en masa, ya que presenta la ventaja de bajar costos en el manejo de materiales.

Consiste en formar grupos de trabajo o líneas de producción, que realicen distintas operaciones hasta obtener el producto terminado.

Este tipo de distribución es adecuado para productos que utilizan un mismo proceso y una secuencia similar.

Existen algunos inconvenientes que este tipo de distribución podría presentar, tales como;

1. puede fomentar el descontento entre los trabajadores a causa de la variedad de ocupaciones y la carga de trabajo asignada para las mismas,
2. debido a que las instalaciones y maquinaria están agrupadas de distinta manera para cada producto, la dificultad de entrenar a empleados novatos se dificulta,
3. la disponibilidad de supervisores competentes

- diminuye por la variedad de las instalaciones,
4. la inversión inicial requerida es mayor, por la variedad de productos que se pudieran tener, ya que cada producto necesitaría una línea de producción.

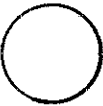
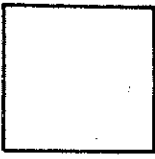
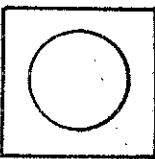

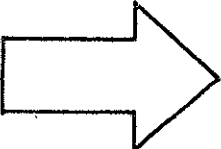

2.8.2 Distribución funcional o por proceso.

La distribución funcional o por proceso consiste en la agrupación de maquinaria e instalaciones semejantes, en donde se realicen operaciones similares o grupos de trabajo que realicen las mismas tareas. Este tipo de distribución presenta grandes ventajas respecto de la anterior, ya que se pueden tener agrupados procesos con base en familias de productos, tales como producción de líquidos, sólidos, geles, compactos, etc. A la vez, se pueden distribuir con base en procesos tales como: llenado de botellas, encajillado, llenado de sobres, compactación de tabletas, etc.

La mayoría de empresas que se dedican a la producción de artículos cosméticos, medicinales, de limpieza, textiles y de productos alimenticios, utilizan este tipo de distribución, por ser la que menor inversión requiere para la producción de gran variedad de productos que utilizan procesos similares en sus diferentes fases de fabricación.

ANEXO 3

Símbolos Utilizados para la elaboración de los diagramas de proceso, flujo del proceso y recorrido.

Símbolo:	Descripción.
	<p>Operación. Este símbolo se utiliza para identificar todo tipo de operación manual o automática. Diámetro: 10 mm.</p>
	<p>Inspección. Símbolo que identifica inspección y que no incluye ninguna transformación del producto. Medidas: 15 mm. X 15 mm.</p>
	<p>Operación combinada. Indica que en una operación se realiza una transformación del producto así como de su inspección Medidas: 15mm. X 15mm. Diámetro 10 mm.</p>
	<p>Almacenaje. Indica almacenamiento temporal o definitivo de un producto terminado o materia prima. Medidas: 15 mm. X 15 mm.</p>
	<p>Trasporte. Indica movimiento de materia prima o producto terminado mayor de un metro.</p>
	<p>Demora. Este símbolo se utiliza cuando un producto en proceso se encuentra en espera por un cuello de botella o en espera de transporte.</p>

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

NOBRE DEL CURSO: Ingeniería de Métodos
CATEDRATICO: Ing. Roberto Alvarez
CODIGO: 634
PREREQUISITO: Ingeniería de Plantas (632)

1. DESCRIPCION.

Curso de la Ingeniería Industrial que se refiere a la planificación de métodos de Trabajo más eficaces, incluyendo sus medidas y su valoración

2. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS.

- 2.1 Proporcionar al estudiante los conocimientos técnicos y procedimientos con que cuenta la Ingeniería Industrial, para la observación y registro, análisis y mejora de los procesos productivos y de control, así como la forma de tiempos que consta un proceso.
- 2.2 Que el estudiante pueda hacer un análisis de los movimientos fundamentales y que pueda hacer un estudio de micromovimientos. Que sea capaz de cronometrar, nivelar y valorar todas las ejecuciones de un proceso productivo.
- 2.3 Que estos conocimientos sean la base para continuar con sus estudios dentro la de la Ingeniería de la producción.

3. PROGRAMA SINTETICO.

3.1 Desarrollo de la Ingeniería Industrial (Ingeniería de la Producción).

- Dirección Científica y Técnica
- El Ingeniero Industrial frente al asesor de dirección
- Clasificación de las actividades en la empresa
- Campo de aplicación de la Ing. Industrial
- Iniciación de la Ingeniería Industrial
- Desarrollo de la Ingeniería Industrial en América
- Desarrollo y efectos de la Ing. Industrial en Guatemala
- Incremento de la importancia del estudio de métodos definición y análisis de mejora de métodos
- Desarrollo de los tiempos y movimientos elementales predeterminados
- Primeros sistemas prácticos de tiempos y movimientos elementales predeterminados
- Futuro de la Ingeniería Industrial en Guatemala

3.2 Estudio de Movimientos.

- Movimientos fundamentales thorbliigs
- Estudio de micromovimientos
- Diagrama del operador (bimanual)

3.3. Presentación e implementación del nuevo método

- Presentación del nuevo método
- Resistencia al cambio

3.4 Medida del trabajo.

- Objetivos de la medida del trabajo
- Pasos previos a un estudio de tiempos
- Etapas de un estudio de tiempos
- Cronometración y recronometración
- Determinación del número de ciclos a cronometrar
- Clasificación de la actuación
 - A. Operador normal
 - B. Métodos de calificación de actuación
- Tolerancias
 - A. Tipo de tolerancias
 - B. Cálculo de tolerancias
- Tiempo Estandar
- Valoración de la operaciones
- Productividad y eficiencia
- Balance de líneas
 - A. Número de máquinas y operadores
 - B. Metas de producción
- Formatos a utilizar

3.5 Simplificación del trabajo.

- Servicio sincronizado
- Desplazamientos del operador
- Influencia de la fatiga en el rendimiento del trabajador

3.6 Muestreo de Trabajo.

- Objetivos del muestreo del trabajo
- Tamaño de la muestra
- Aplicaciones

LABORATORIO.

- Formación de grupos
- Filmación de un grupo de operaciones para el análisis de los movimientos y micromovimientos (elaboración de diagramas del operador).

Tipor de industrias para estudio:

- Plásticos
- Maderas
- Confección
- Zapatos
- Químicos: medicinas, cosméticos.

Medidas del trabajo:

- Diagramas del proceso
- Cálculo de tiempos estándar
- Valoración de operaciones
- Balance de líneas
- Programación de fechas de entrega
(diagrama Grant)

MEDIOS.

- Exposición teórica y desarrollo de ejemplos
- Prácticas de laboratorio
- Tareas de investigación
- Visitas a fábricas, y reportes de laboratorio

EVALUACION.

2 exámenes parciales	30 puntos	(15 c/u)
Laboratorio	15 puntos	
Tareas	10 puntos	
Visitas a empresas	5 puntos	
Final	40 puntos	
	<hr/>	
Total	100 puntos	

BIBLIOGRAFIA:

- Niebel, Benjamin. Ingeniería Industrial
- Mayhard, H.B. Manual de la Ingeniería de la
Producción Industrial (Tomo I y II
edición 1982)

-139-
CONCLUSIONES

1. La ingeniería de métodos como herramienta básica en el campo de la ingeniería industrial, representa la racionalización de los recursos humanos y equipo, con el fin de eliminar costos ocultos y aumentar la eficiencia y es una técnica que puede ser aplicada a cualquier actividad productiva, la cual debe ser del dominio de todo ingeniero industrial.

2. El estudio de tiempos y movimientos es un proceso dinámico que debe realizarse, periódicamente, atendiendo al principio de que "siempre existe un método mejor".

3. Los objetivos básicos de un estudio de tiempos y movimientos son: mejora de métodos y condiciones de trabajo, eliminación de tiempos ocultos y determinación de estándares justos de trabajo que respondan a los objetivos de la empresa y de sus trabajadores.

4. La aplicación de la Ingeniería de métodos, mejora los índices de productividad en la industria, mediante el mejoramiento y simplificación de los sistemas de trabajo.

RECOMENDACIONES

- La ingeniería de métodos es una de las herramientas de trabajo más valiosas con la que cuenta el ingeniero industrial, por lo que el conocimiento y dominio de los principios y técnicas para elaborar mejoras de métodos y determinar estándares de producción, son básicos para todo estudiante de ingeniería, por lo tanto, se recomienda incluir el estudio de esta materia en los pensums de todas las carreras de ingeniería que se imparten en la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- La utilización de sistemas de software en los estudios de tiempos y movimientos, facilita los cálculos para el chequeo periódico de estándares de producción, por lo que debe utilizarse, siempre que sea posible.

- Para que el estudiante domine la aplicación de las herramientas que proporciona la Ingeniería de Métodos, en el sector productivo, es importante que realice prácticas de campo en empresas que necesiten estudios en la materia, de esta manera, con el apoyo y la supervisión docente, el estudiante reforzará sus conocimientos con la aplicación de la teoría en problemas reales.

BIBLIOGRAFIA

- Krick Edward V. Ingeniería de Métodos.
México. Editorial Limusa, 1977, 543 p.

- Koenigsberger Rodolfo. Ingeniería Eléctrica I. Guatemala.
Editorial Facultad de Ingeniería Universidad de San
Carlos, 3ra. reimpresión, Guatemala, enero de 1988.

- Mayhard H.B. Manual de la Ingeniería de la Producción
Industrial. México. Tomo I y II, Editorial Riverte 1982.

- Niebel, Benjamin W. Ingeniería industrial estudio de
tiempos y movimientos. México. Representaciones y
servicios de ingeniería, S.A. 1988, 680 p.

- Walter W. Erwin, P.E. Estudio de tiempos y movimientos
para la industria de la aguja. Columbia, South Carolina.
Editorial La Bobina, Industrial Engineering Services,
1982.