

# Estudio del trabajo

Ingeniería de métodos y medición del trabajo

ROBERTO GARCÍA CRIOLLO



Graw  
Hill

segunda edición

U.L.M.-CENTRO DE INFORMACION LA

20400066 9 25

CLASIF.

FECHA

# ESTUDIO DEL TRABAJO

Segunda edición

**Roberto García Criollo**

*Profesor de tiempo completo  
Instituto Tecnológico de Puebla*

**Revisor técnico**

**M. en C. José Pantoja Magaña**

*Director de Ingeniería Industrial  
División Ingeniería y Arquitectura  
Instituto Tecnológico y de Estudios  
Superiores de Monterrey - CEM*



MÉXICO • BOGOTÁ • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA  
LISBOA • MADRID • NUEVA YORK • SAN JUAN • SANTIAGO  
AUCKLAND • LONDRES • MILÁN • MONTREAL • NUEVA DELHI  
SAN FRANCISCO • SINGAPUR • ST. LOUIS • SIDNEY • TORONTO



# Contenido

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Prefacio .....</b>                                                                          | <b>xv</b> |
| <b>Capítulo 1 Ingeniería del trabajo o simplificación del método .....</b>                     | <b>1</b>  |
| Diseño del trabajo o simplificación del método: aspectos generales .....                       | 1         |
| El diseño del trabajo y su objetivo .....                                                      | 2         |
| Orígenes de la empresa industrial .....                                                        | 2         |
| Evolución de la empresa industrial .....                                                       | 2         |
| Concepto de empresa .....                                                                      | 4         |
| Clases de empresas .....                                                                       | 4         |
| Análisis de la industria en México .....                                                       | 5         |
| Características generales de las empresas según su tamaño .....                                | 7         |
| Áreas de actividad de la ingeniería de métodos .....                                           | 8         |
| Bibliografía .....                                                                             | 8         |
| <b>Capítulo 2 Organización de la producción .....</b>                                          | <b>9</b>  |
| La productividad, un objetivo prioritario .....                                                | 9         |
| Factores que restringen la productividad .....                                                 | 10        |
| Criterios para analizar la productividad .....                                                 | 11        |
| Productividad y nivel de vida .....                                                            | 12        |
| Temores al promover el aumento de la productividad .....                                       | 12        |
| La dirección en el incremento de la productividad .....                                        | 13        |
| Productividad de las instalaciones, de la maquinaria, del equipo<br>y de la mano de obra ..... | 15        |
| Productividad en la industria .....                                                            | 15        |
| Indicadores importantes .....                                                                  | 19        |
| Eficacia y eficiencia .....                                                                    | 19        |
| Bibliografía .....                                                                             | 22        |
| <b>Capítulo 3 Condiciones de trabajo .....</b>                                                 | <b>23</b> |
| Generalidades .....                                                                            | 23        |
| Limpieza .....                                                                                 | 24        |

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Agua potable e higiene .....                                                                    | 24        |
| Orden .....                                                                                     | 24        |
| Calidad e intensidad de iluminación .....                                                       | 25        |
| Ventilación, calefacción y refrigeración .....                                                  | 27        |
| Acondicionamiento cromático .....                                                               | 29        |
| Ruido y vibraciones .....                                                                       | 29        |
| Música ambiental .....                                                                          | 31        |
| Bibliografía .....                                                                              | 31        |
| <b>Capítulo 4 Estudio de los métodos de trabajo .....</b>                                       | <b>33</b> |
| Estudio de métodos: su significación y utilidad .....                                           | 33        |
| Simplificación del trabajo .....                                                                | 33        |
| Requisitos para simplificar el trabajo .....                                                    | 34        |
| Objetivos del estudio de métodos .....                                                          | 35        |
| Procedimientos del estudio de métodos .....                                                     | 36        |
| Seleccionar el trabajo que debe mejorarse .....                                                 | 36        |
| Registrar los detalles del trabajo .....                                                        | 37        |
| Analizar los detalles del trabajo .....                                                         | 37        |
| Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo .....                                         | 38        |
| Administrar a los operadores en el nuevo método de trabajo .....                                | 39        |
| Aplicar el nuevo método de trabajo .....                                                        | 39        |
| Bibliografía .....                                                                              | 39        |
| <b>Capítulo 5 Diagramas de procesos .....</b>                                                   | <b>41</b> |
| Diagrama de procesos: objetivos y alcances .....                                                | 41        |
| Registro y análisis del proceso .....                                                           | 42        |
| Diagrama de procesos .....                                                                      | 42        |
| Ejercicio de grupo .....                                                                        | 50        |
| Diagrama de proceso de flujo .....                                                              | 53        |
| Cómo construir el diagrama de flujo .....                                                       | 54        |
| Análisis de las operaciones .....                                                               | 69        |
| Operación .....                                                                                 | 69        |
| Análisis de movimientos .....                                                                   | 79        |
| Diagrama bimanual .....                                                                         | 79        |
| Análisis de movimientos básicos .....                                                           | 82        |
| Principios de economía de movimientos .....                                                     | 86        |
| Diseño de plantillas y dispositivos .....                                                       | 94        |
| Estandarización de operaciones mediante la aplicación de la hoja<br>del método de trabajo ..... | 97        |
| Descripción de las etapas .....                                                                 | 98        |
| Relación de la estandarización con otras actividades .....                                      | 98        |
| Bibliografía .....                                                                              | 111       |

|                                                            |            |
|------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Capítulo 6 Cómo examinar o analizar una operación</b>   | <b>113</b> |
| Razones que inducen a realizar un análisis de trabajo      | 113        |
| Técnicas para el análisis del trabajo                      | 114        |
| Análisis de valía                                          | 122        |
| Plan de acción                                             | 122        |
| Realización del programa                                   | 125        |
| Bibliografía                                               | 130        |
| <b>Capítulo 7 Cómo aplicar el nuevo método</b>             | <b>131</b> |
| Implementación de los nuevos métodos de trabajo            | 131        |
| Carta de descripción del método                            | 132        |
| Consideraciones al aplicar un nuevo método                 | 133        |
| Simplificación del trabajo y relaciones humanas            | 133        |
| Resistencia al cambio                                      | 135        |
| Cómo mantener el nuevo método                              | 137        |
| Normalización                                              | 137        |
| Cómo proponer el método mejorado                           | 138        |
| Cómo desarrollar el método mejorado                        | 138        |
| Cómo implantar el método mejorado                          | 139        |
| Cómo mantener el método mejorado                           | 139        |
| Capacitación del trabajador                                | 139        |
| ¿Qué es la capacitación del trabajador?                    | 139        |
| Formas de capacitación del trabajador                      | 139        |
| Bibliografía                                               | 142        |
| <b>Capítulo 8 Distribución de planta</b>                   | <b>143</b> |
| Distribución de planta: fundamentos                        | 143        |
| Objetivos de la distribución de planta                     | 144        |
| Razones para realizar un estudio de distribución de planta | 144        |
| Principios para la distribución de planta                  | 144        |
| Tipos de distribución de planta                            | 145        |
| Distribución de maquinaria                                 | 148        |
| Estudio de una distribución en planta                      | 149        |
| Información requerida                                      | 149        |
| Distribuciones parciales                                   | 150        |
| Bibliografía                                               | 157        |
| <b>Capítulo 9 Seguridad e higiene industrial</b>           | <b>159</b> |
| Seguridad e higiene industrial                             | 159        |
| Legislación                                                | 160        |
| Comisiones mixtas de seguridad e higiene                   | 161        |

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| Costos asociados a los accidentes: sus causas y su prevención . . . . . | 163        |
| Previsión de accidentes . . . . .                                       | 167        |
| Ergonomía . . . . .                                                     | 170        |
| Bibliografía . . . . .                                                  | 175        |
| <b>Capítulo 10 Medición del trabajo . . . . .</b>                       | <b>177</b> |
| Medición del trabajo . . . . .                                          | 177        |
| Objetivos de la medición del trabajo . . . . .                          | 178        |
| Importancia y necesidad de la medición del trabajo . . . . .            | 178        |
| Aplicación de la medición del trabajo . . . . .                         | 179        |
| La medición del trabajo como factor de eficiencia . . . . .             | 181        |
| Bibliografía . . . . .                                                  | 181        |
| <b>Capítulo 11 Procedimiento para medir el trabajo . . . . .</b>        | <b>183</b> |
| Procedimientos para medir el trabajo: conceptos fundamentales . . . . . | 183        |
| Técnicas de medición del trabajo . . . . .                              | 184        |
| Estudio de tiempos con cronómetro . . . . .                             | 185        |
| Ejecución del estudio de tiempos . . . . .                              | 187        |
| División de la operación en elementos . . . . .                         | 192        |
| Medición del tiempo . . . . .                                           | 195        |
| Equipo de trabajo para la medición de tiempos . . . . .                 | 197        |
| Observaciones necesarias para calcular el tiempo normal . . . . .       | 204        |
| Valoración del ritmo de trabajo . . . . .                               | 209        |
| Suplementos del estudio de tiempos . . . . .                            | 224        |
| Conceptos relacionados con los ciclos de trabajo . . . . .              | 237        |
| Tiempo tipo o estándar . . . . .                                        | 240        |
| Preparación, puesta a punto y retiro . . . . .                          | 242        |
| Bibliografía . . . . .                                                  | 248        |
| <b>Capítulo 12 Muestreo del trabajo . . . . .</b>                       | <b>249</b> |
| Qué es el muestreo de trabajo . . . . .                                 | 249        |
| Metodología del muestreo del trabajo . . . . .                          | 251        |
| Diagramas de control . . . . .                                          | 260        |
| Aplicación para establecer el tiempo estándar . . . . .                 | 261        |
| Diseño de la hoja de observaciones del muestreo de trabajo . . . . .    | 264        |
| Bibliografía . . . . .                                                  | 271        |
| <b>Capítulo 13 Datos estándar . . . . .</b>                             | <b>273</b> |
| Datos estándar: consideraciones preliminares . . . . .                  | 273        |
| Obtención de datos de tiempo estándar . . . . .                         | 274        |
| Problemas referentes a máquinas herramientas . . . . .                  | 281        |
| Bibliografía . . . . .                                                  | 286        |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Capítulo 14 Fórmulas de tiempo</b> .....                                  | <b>287</b> |
| Presentación .....                                                           | 287        |
| División preliminar en elementos constantes y elementos variables .....      | 288        |
| Cálculo del tiempo cuando lo afecta una variable .....                       | 289        |
| Bibliografía .....                                                           | 299        |
| <b>Capítulo 15 Tiempos predeterminados</b> .....                             | <b>301</b> |
| Tiempos predeterminados: su importancia .....                                | 301        |
| Principales sistemas de tiempos predeterminados .....                        | 302        |
| El sistema MTM .....                                                         | 302        |
| Generalidades .....                                                          | 303        |
| Alcanzar .....                                                               | 305        |
| Tipo de movimiento .....                                                     | 307        |
| Mover .....                                                                  | 311        |
| Tipo de movimiento .....                                                     | 312        |
| Movimientos de martilleo .....                                               | 314        |
| Girar .....                                                                  | 315        |
| Aplicar presión .....                                                        | 317        |
| Coger .....                                                                  | 318        |
| Soltar .....                                                                 | 321        |
| Posicionar .....                                                             | 321        |
| Desmontar .....                                                              | 324        |
| Manivela .....                                                               | 325        |
| Tiempo ocular .....                                                          | 327        |
| Movimiento del cuerpo .....                                                  | 332        |
| Movimientos simultáneos y combinados .....                                   | 334        |
| Tabla X de la tarjeta de datos MTM (apéndice A) .....                        | 334        |
| Usos del MTM .....                                                           | 335        |
| Apéndice A. Medida del tiempo de los métodos MTM-1 datos de aplicación ..... | 336        |
| Bibliografía .....                                                           | 352        |
| <b>Capítulo 16 Obtención del tiempo estándar por MODAPTS</b> .....           | <b>353</b> |
| Arreglo modular de tiempos estándar predeterminados .....                    | 354        |
| Fundamentos del MODAPTS .....                                                | 354        |
| Bibliografía .....                                                           | 366        |
| <b>Capítulo 17 Técnica MOST</b> .....                                        | <b>367</b> |
| Introducción .....                                                           | 367        |
| Concepto de MOST .....                                                       | 368        |
| La medida de trabajo .....                                                   | 368        |
| La secuencia del MOST básico .....                                           | 368        |
| Unidades de tiempo .....                                                     | 371        |

|                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Secuencia de mover general                                                           | 371        |
| Modelo de secuencia                                                                  | 372        |
| Definición de los parámetros                                                         | 372        |
| Fases de la secuencia de mover general                                               | 372        |
| Poner índices a los parámetros                                                       | 373        |
| Subactividades                                                                       | 373        |
| Ejemplos de mover general                                                            | 380        |
| Secuencia de mover controlado                                                        | 381        |
| Modelo de secuencia                                                                  | 383        |
| Definición de los parámetros                                                         | 383        |
| Fases del modelo de secuencia                                                        | 383        |
| Subactividades                                                                       | 384        |
| Ejemplos de mover controlado                                                         | 390        |
| Secuencia de utilización de herramientas                                             | 391        |
| Modelo de secuencia                                                                  | 391        |
| Definición de los parámetros                                                         | 393        |
| La tarjeta de datos para apretar/aflojar (F o L)                                     | 394        |
| Colocar las herramientas                                                             | 397        |
| La tarjeta de datos para cortar, tratar una superficie, medir, registrar<br>y pensar | 400        |
| Bibliografía                                                                         | 412        |
| <b>Capítulo 18 Balance de líneas de producción</b>                                   | <b>413</b> |
| Generalidades                                                                        | 413        |
| Determinación del número de operadores necesarios para cada operación                | 414        |
| Minimización del número de estaciones de trabajo                                     | 416        |
| Asignación de elementos de trabajo a las estaciones de trabajo                       | 419        |
| Línea de ensamble                                                                    | 421        |
| Bibliografía                                                                         | 425        |
| <b>Capítulo 19 Remuneración del trabajo</b>                                          | <b>427</b> |
| Salario: una breve introducción                                                      | 427        |
| Salario justo                                                                        | 428        |
| Niveles salariales                                                                   | 428        |
| Clases de salarios                                                                   | 429        |
| Salarios con incentivos relacionados con otras características de la producción      | 439        |
| Cómo se establece un sistema de salarios con incentivos                              | 441        |
| Bibliografía                                                                         | 442        |
| <b>Bibliografía general</b>                                                          | <b>443</b> |
| <b>Cuestionario conceptual</b>                                                       | <b>445</b> |
| <b>Índice analítico</b>                                                              | <b>451</b> |

## Prefacio

Esta edición presenta el contenido integrado de los libros, *Ingeniería de métodos y Medición del trabajo*, lo que permitirá tener un panorama completo del análisis de las estaciones de trabajo que proporcionan un mejoramiento en la productividad de compañías de manufactura, de proceso y de servicio.

Esta edición ofrece, además, problemas para visualizar y elaborar los diagramas de proceso, también se anexan en forma sencilla, principios de ergonomía y la aplicación de las nueve S en hojas de procesos-herramientas muy utilizadas en las organizaciones modernas.

La aportación más importante en esta obra es la aplicación de la técnica MOST en un nuevo capítulo, lo que permitirá al estudiante conocer los Movimientos Generales, Movimientos Controlados y la utilización de las Herramientas más usadas en cualquier operación y sus aplicaciones en problemas prácticos.

De esta forma, el lector encontrará un camino para obtener los tiempos estándar que son la base para mejorar la productividad en la industria mexicana.

Deseo agradecer a los doctores Juan J. Díaz, profesor investigador de North Dakota State University, René Contreras, profesor investigador de Kansas State University, a la maestra Luz Elena Tarango Hernández, catedrática del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez Chihuahua, por sus valiosos comentarios a esta obra, así como también agradezco a los futuros ingenieros Gerardo Tenahua Tenahua, José Roberto León Oropeza y a todos los compañeros de la academia de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Puebla por su valioso apoyo. A mis queridos maestros y amigos, por su inspiración y guía, y en especial a la editorial McGraw-Hill quien hace posible la presente edición.

Por último, el libro se ha elaborado para auxiliar a maestros y alumnos dentro de la carrera de Ingeniería Industrial y como libro de texto en las diferentes instituciones de estudios superiores que imparten la carrera.



# **Ingeniería del trabajo o simplificación del método**

Somos, a veces, muy audaces para planear; somos ingeniosos para diseñar buenos propósitos; somos enérgicos para dar órdenes; somos a veces muy sinceros cuando nos proponemos enmendar errores. Pero debemos reconocer que en muchos trabajos, cuando tratamos de implantar los procedimientos, cuando tenemos que ser duros y perseverantes cada día y cada minuto para lograr lo que nos hemos propuesto o lo que hemos prometido a otros, somos inconstantes, somos inciertos, por lo cual es preciso que, para modernizarnos y como parte de un cambio general de mentalidad en México, estos aspectos desaparezcan y traigan consigo una mayor productividad.

## **OBJETIVOS**

- Definir qué es el diseño de métodos y el estudio de tiempos, además de los objetivos que persigue cada disciplina.
- Definir la evolución del diseño de métodos a partir de los trabajos de Gilbreth, Taylor, Fayol y los cambios provocados por la Revolución Industrial.
- Definir el tipo de empresa según su constitución jurídica, estructura, magnitud y el tipo de giro al que se dedique.

## **DISEÑO DEL TRABAJO O SIMPLIFICACIÓN DEL MÉTODO: ASPECTOS GENERALES**

El diseño de métodos es la técnica que tiene por objetivo aumentar la productividad del trabajo mediante la eliminación de todos los desperdicios de materiales, tiempo y esfuerzo; además, procura hacer más fácil y lucrativa cada tarea y aumenta la calidad de los productos poniéndolos al alcance del mayor número de consumidores.

## EL DISEÑO DEL TRABAJO Y SU OBJETIVO

Por definición se establece que el objetivo del diseño del trabajo es aumentar la productividad con los mismos o menores recursos si entendemos al trabajo como la actividad que integra los recursos materiales, de mano de obra y de maquinaria, con el fin de producir los bienes o servicios.

Los costos se establecen o se presentan cuando los recursos invertidos se utilizan a un nivel determinado de productividad; entonces, cuando la productividad crece, los costos disminuyen.

Éste es el objetivo final que se persigue cuando se aplica la ingeniería de métodos o el estudio del trabajo en las empresas.

## ORÍGENES DE LA EMPRESA INDUSTRIAL

---

Durante siglos la manufactura de los productos utilizados por el hombre para su uso personal (vestido, calzado, adornos, carruajes, etcétera) y para su casa (muebles, enseres, etcétera), se elaboraban de manera artesanal, por productores aislados o ayudados por sus familiares.

Posteriormente, en la Edad Media, los artesanos se agrupan en gremios, uno por especialidad, e incluso se instalan en una misma calle. Todavía se conservan en muchas ciudades este tipo de instalación de empresas.

Como los mercaderes estaban a merced de los precios y de la producción que les imponían los artesanos, decidieron contratar artesanos a los que entregaban las materias primas y les pagaban por piezas producidas; así se crearon las primeras empresas industriales, compuestas por un elemento promotor, organizador y capitalista, y un trabajador asalariado, elaborador del producto.

## EVOLUCIÓN DE LA EMPRESA INDUSTRIAL

---

Hacia 1750, gracias a la invención de la máquina de vapor por James Watt, se inició una nueva era en la producción industrial. Se crearon entonces las primeras empresas industriales, en el actual sentido de la palabra, y nació una clase de operadores: los obreros.

Para la mayoría de los empresarios de aquella época, el obrero era un simple servidor de la máquina a la que había sido asignado, sin prestarle la menor atención a su condición humana. Durante muchos años se les explotó mediante la imposición de jornadas laborales agotadoras, pues era común trabajar hasta doce horas diarias.

En 1824 comenzaron a dictarse las primeras leyes para proteger a los trabajadores, prohibiéndose el trabajo de las mujeres y los niños en las minas, y en 1847 se les redujo a diez horas la jornada laboral.

Pronto empezó la fabricación en serie y masiva de algunos productos industriales de gran consumo, lo que obligó a la ampliación de las fábricas hasta dimensiones que rebasaban la

capacidad económica de un solo propietario. Para conseguir los fondos necesarios, se crearon las sociedades anónimas, en títulos de propiedad representados por acciones adquiridas, en gran parte, por personas modestas con la única intención de obtener el mayor beneficio posible a cambio de su dinero.

Este sistema, si bien permitió la implantación de grandes empresas industriales, que son la base de la industria moderna, deshumanizó el trabajo y convirtió a los obreros en una masa anónima que se denominaría proletariado, acepción que pronto adquirió una connotación humillante.

En esa época, Frederick W. Taylor, precursor de la equipartición del trabajo, comenzó sus famosos experimentos para aumentar el rendimiento de sus obreros.

La mecanización del trabajo le permitió dividirlo y simplificarlo. Los oficios tradicionales fueron sustituidos por labores semiautomáticas que podían ser realizadas por personas sin oficio.

El momento era oportuno y el escenario estaba puesto para que Taylor, en 1888, culminara diez años de trabajo en la Midvale Steel Company y pusiera a prueba sus métodos en la administración. Consideraba que era obligación de ésta entender a los trabajadores y a sus trabajos.

A principios del siglo XX, debido al bajo precio y fácil utilización de la energía eléctrica para un incontable número de aplicaciones y el cúmulo de invenciones mecánicas y electrónicas, se produjo una verdadera explosión de la producción industrial, como se aprecia en la figura 1.1.

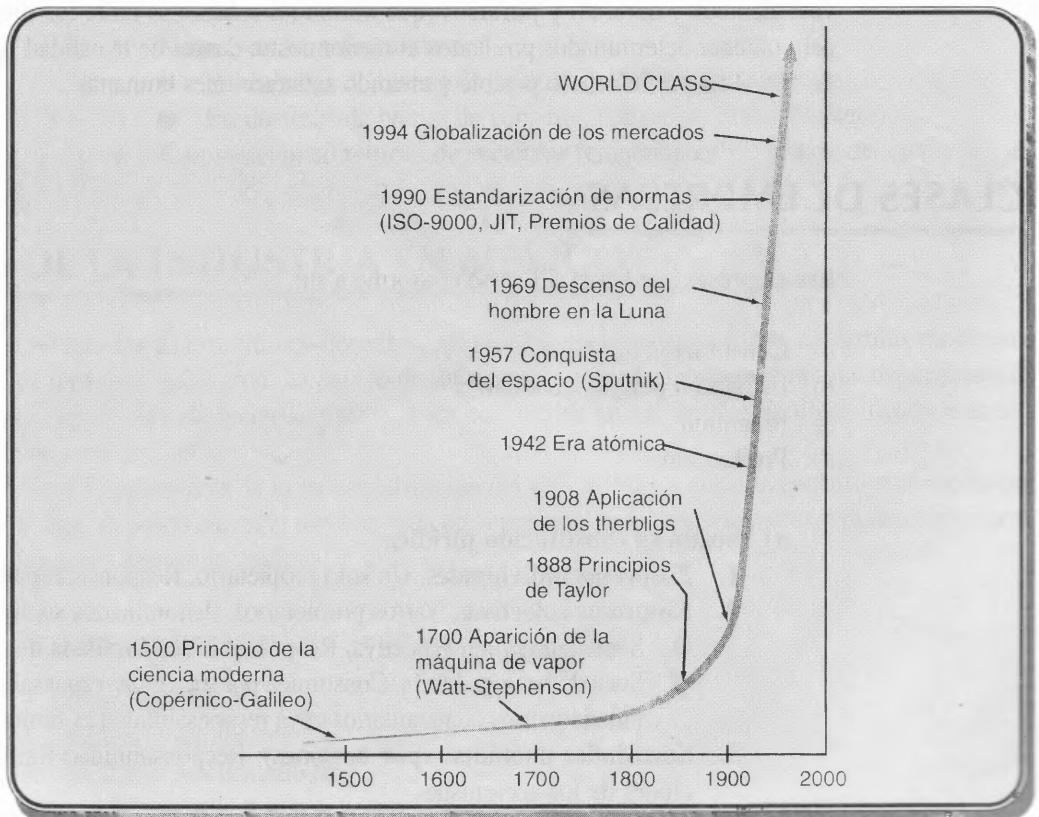


Figura 1.1  
Curva de  
aceleración  
del progreso  
técnico

## CONCEPTO DE EMPRESA

Durante muchos años se ha considerado a la empresa como una creación exclusiva del capitalismo; además, no se la concebía sin empresario, quien era, en general, a la vez, propietario y director, y los trabajadores simples asalariados, con jornal fijo por horas. Asimismo, cuando decimos empresario, entiéndase que puede ser una persona física o bien una sociedad, representada por el gerente.

Este tipo de empresas era, por lo tanto, la conjugación del capital y del trabajo, con predominio del capital en la gestión de la empresa.

Actualmente se ha modificado la imagen tradicional de la empresa como instrumento para obtener beneficios; al empresario se le consideraba como la persona que dispone de los medios humanos, materiales y financieros para usarlos de la mejor manera para alcanzar determinados objetivos, a saber:

**Económicos:** obtener beneficios

**Técnicos:** fabricar artículos de una calidad determinada; investigar nuevos productos, etcétera.

**Humanos y sociales:** retribuir convenientemente, promover y formar al personal, etcétera.

En resumen, en sentido amplio podemos definir la empresa industrial como “la unidad orgánica integrada por medios materiales (capital, inmuebles, etcétera), personales (directivos, técnicos y obreros) y jurídicos (que norma las relaciones entre los distintos elementos) para obtener determinados productos al menor costo, dentro de la calidad fijada para su venta, con el mayor beneficio posible y creando satisfacciones humanas”.

## CLASES DE EMPRESAS

Las empresas pueden clasificarse conforme a su:

- a) Constitución jurídica
- b) Estructura político-económica
- c) Magnitud
- d) Producción

### a) Según su constitución jurídica

1. **Empresas individuales.** Un solo propietario. Responsabilidad ilimitada.
2. **Empresas colectivas.** Varios propietarios, denominados socios.
  - Sociedad regular colectiva. Responsabilidad ilimitada de todos los socios.
  - Sociedad comanditaria. Constituida por socios de responsabilidad personal ilimitada y otros comanditarios cuya responsabilidad se limita a su aportación.
3. **Sociedades anónimas (por acciones).** Responsabilidad limitada a las aportaciones de los accionistas.

4. **Sociedades limitadas.** No hay acciones, sino aportaciones a las que se limita la responsabilidad. Cuenta con dos órganos responsables: el de gestión, formado por los socios gestores, y el deliberante, constituido por la asamblea de socios.

**b) Según su estructura político-económica**

1. **Empresas de interés público.** Sus fines son servir para el interés general, sin tener en cuenta los beneficios de los demás, o de sus integrantes.
2. **Empresas estatales.** El Estado es el empresario; funcionan de la misma manera que una institución privada.
3. **Empresas privadas.** Son propiedad de particulares.
4. **Empresas mixtas.** Propiedad del Estado y de particulares.

**c) Según su magnitud**

1. **Empresas artesanales:** de 1 a 5 trabajadores.
2. **Empresas pequeñas:** de 6 a 50 trabajadores.
3. **Empresas medianas:** de 51 a 500 trabajadores.
4. **Empresas grandes:** de más de 500 trabajadores.

**d) Según su producción**

1. **Empresas extractivas** (mineras, pesqueras, agrícolas, etcétera).
2. **Empresas básicas** (acero, ácido sulfúrico, etcétera, que producen materias primas para otras industrias).
3. **Empresas transformadoras**
  - Productoras de bienes de equipo (máquinas, herramientas).
  - Productoras de bienes de consumo (calzados, libros, etcétera).
4. **Empresas productoras de servicios** (comerciales, de transporte, etcétera).

## ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA EN MÉXICO (caca)

Durante los cuatro últimos decenios, México ha presentado un fuerte desarrollo económico en términos reales. Así, ha dejado de ser un país fundamentalmente agrícola, dependiente de la exportación de materias primas, para convertirse en una economía diversificada, con una creciente industria.

La importancia de la industrialización del país se debe a que ella constituye el medio por el cual se puede elevar el nivel de vida de la población. Además, constituye el detonador principal del desarrollo nacional.

El sector industrial mexicano se divide en tres estratos:

1. Industria básica.
2. Industria semibásica.
3. Industria de consumo final.

1. La industria básica consta de las siguientes ramas:
  - a) Eléctrica.
  - b) Minerometalurgia.
  - c) Petróleo y petroquímica.
  - d) Siderúrgica.
  
2. La industria semibásica:
  - a) Materiales para construcción.
  - b) Papel y celulosa.
  - c) Productos químicos.
  - d) Textil y vestidos.
  
3. La industria de consumo final:
  - a) Automovilística
  - b) Alimentaria
  - c) Bebidas
  - d) Línea blanca y electrónica

En la tabla 1.1 se muestra el número de empresas que existen en nuestro país.

**Tabla 1.1.** Estadística del número de empresas de acuerdo con su sector y tamaño

| SECTOR                  | MICRO   | PEQUEÑA | MEDIANA | GRANDE | TOTAL   |
|-------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Industrial              |         |         |         |        |         |
| Agropecuario            | 177     | 115     | 42      | 4      | 338     |
| Minería                 | 148     | 37      | 34      | 36     | 255     |
| Industria manufacturera | 24.853  | 9.251   | 4.859   | 2.215  | 41.178  |
| Construcción            | 9.458   | 2.797   | 587     | 94     | 12.936  |
| Total Industrial        | 34.636  | 12.200  | 5.522   | 2.349  | 54.707  |
| Comercial               |         |         |         |        |         |
| Comercial               | 371.522 | 11.789  | 3.892   | 1.489  | 388.662 |
| Total Comercial         | 371.522 | 11.789  | 3.892   | 1.489  | 388.662 |
| Servicios               |         |         |         |        |         |
| Comunicaciones          | 3.560   | 786     | 207     | 280    | 4.833   |
| Servicios               | 101.414 | 10.329  | 1.683   | 1.366  | 114.792 |
| Total Servicios         | 104.974 | 11.115  | 1.890   | 1.646  | 119.625 |
| Total                   | 511.132 | 35.104  | 11.304  | 5.484  | 562.994 |

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS EMPRESAS SEGÚN SU TAMAÑO

Las características generales de las microempresas, pequeñas, medianas y grandes empresas son las siguientes:

### *Microempresa*

- Su organización es de tipo familiar.
- Está dirigida y organizada por el propio dueño.
- Generalmente su organización es empírica.
- Su producción no es automatizada.
- La mayoría de sus trabajadores son familiares del dueño, por lo cual se le conoce como empresa familiar.
- Para el pago de impuestos son consideradas como causantes menores.

### *Pequeñas y medianas empresas*

- Los propios dueños dirigen la empresa.
- Su administración es empírica.
- Por lo regular, el capital requerido es aportado por una o dos personas, las cuales establecen una sociedad.
- Su planta laboral, que crece constantemente, oscila desde 51 hasta un máximo de 500 personas.
- Utilizan más maquinaria y equipo que las microempresas.
- Dominan y abastecen un mercado más amplio, aunque no necesariamente tiene que ser local o regional, ya que muchas veces producen para el mercado nacional e incluso para el internacional.
- La pequeña tiende a ser mediana y ésta aspira a ser grande; es decir, están en proceso constante de crecimiento.

### *Grandes empresas*

- El capital es aportado por diferentes socios que se organizan en sociedades de diversos tipos.
- Forman parte de grandes consorcios o cadenas que monopolizan o participan en forma mayoritaria en la producción o comercialización de determinados productos.
- Algunas veces dominan con amplitud el mercado interno, y otras participan también en el internacional.
- Cuentan con grandes recursos de capital que les permite marcar el rumbo en tecnología, mecanización y automatización de sus procesos productivos.
- Cuentan con gran número de personal (siempre más de 500 trabajadores).

- Aplican una administración científica; es decir, profesionales egresados de las universidades son los encargados de la planeación, la organización y la dirección de la empresa.
- Tienen acceso a diversas fuentes de financiamiento, tanto nacional como internacional.

## **ÁREAS DE ACTIVIDAD DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS**

Las dos áreas básicas de desarrollo de la ingeniería de métodos son:

- *Simplificación del trabajo.* Esta área tiene por objetivo aplicar un procedimiento sistemático de control de todas las operaciones (directas e indirectas) de un trabajo dado a un análisis metódico, con el objeto de introducir mejoras que permitan que el trabajo se realice más fácilmente, en menor tiempo o con menos material, o sea, con menos inversión por unidad.

En esta fase se incluye como parte importante el diseño, la creación o la selección de los mejores:

- a) Métodos
- b) Procesos
- c) Herramientas
- d) Equipo
- e) Habilidades

- *Medida de trabajo.* Esta área comprende lo que puede llamarse el levantamiento del trabajo; es decir, en ella se investiga en qué condiciones, bajo qué métodos y en qué tiempo se ejecuta un trabajo determinado, con el objeto de:

- a) Balancear cargas de trabajo
- b) Establecer costos estándares
- c) Implantar sistemas de incentivos
- d) Programar la producción

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Enciclopedia Labor*, Labor, España, 1970.
- Lasheras, José Ma. Esteban, *Tecnología de la organización industrial*, tomo I, Cedel, 1985.
- Maynard, H. B., *Manual de la Ingeniería de la Producción Industrial*, Reverté.
- OIT, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.
- Reyes Ponce, Agustín, *Administración de personal*, 1a. y 2a. partes, Limusa.



## Organización de la producción

“Tenemos, sin duda y cada vez más, que vivir con ideas, pero tenemos que dejar de vivir desde nuestras ideas. Tenemos que aprender a vivir conforme a nuestra índole, desde nuestro irrevocable destino determinado por nuestras dotes innatas.”

José Ortega y Gasset

### OBJETIVOS

- Explicar qué es la productividad.
- Mencionar los elementos que intervienen en ella.
- Identificar los más importantes criterios de la productividad.
- Reconocer los porcentajes de la descomposición del tiempo de fabricación.

## LA PRODUCTIVIDAD, UN OBJETIVO PRIORITARIO

Existe mucha discusión en torno a la productividad; de hecho, está en el centro de las polémicas económicas actuales. Sin embargo, la idea que representa es difícil de fijar cuando se trata de definirla o de señalar procedimientos precisos para medirla numéricamente.

El principal motivo para estudiar la productividad en la empresa es encontrar las causas que la deterioran y, una vez conocidas, establecer las bases para incrementarla.

**Productividad** es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.

En nuestro caso, el objetivo es la fabricación de artículos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres y máquinas.

elementos sobre los cuales la acción del ingeniero industrial debe enfocar sus esfuerzos para aumentar los índices de productividad actual y, en esa forma, reducir los costos de producción.

Hemos mencionado la necesidad de "aumentar los índices de productividad". Ahora veamos cómo se logra.

Si partimos de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlos:

1. Aumentar el *producto* y mantener el mismo *insumo*.
2. Reducir el *insumo* y mantener el mismo *producto*.
3. Aumentar el *producto* y reducir el *insumo* simultánea y proporcionalmente.

Aquí podemos darnos cuenta que la productividad (cociente) aumentará en la medida en que logremos incrementar el numerador, es decir, el producto físico; también aumentará si reducimos el denominador, es decir el insumo físico.

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables.

Por tanto, la productividad puede ser medida según el punto de vista:

$$1^{\circ} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

$$2^{\circ} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

## FACTORES QUE RESTRINGEN LA PRODUCTIVIDAD

Un incremento de la productividad no ocurre por sí sólo, sino que son los directivos dedicados y competentes los que lo provocan, y lo logran mediante la fijación de metas, la remoción de los obstáculos que se oponen al cumplimiento de éstas, el desarrollo de planes de acción para eliminarlos y la dirección eficaz de todos los recursos a su alcance para mejorar la productividad, pues varios son los factores que actúan en contra de ésta, en ocasiones generados por la propia empresa o por su personal. Otros surgen en el exterior, por lo cual están fuera del control de los directivos. A continuación se presentan los factores restrictivos más comunes:

1. Incapacidad de los dirigentes para fijar el ambiente y crear el clima apropiado para el mejoramiento de la productividad:

Todos los dirigentes son responsables de desarrollar y mantener un ambiente laboral favorable para cumplir las metas organizacionales.

2. Problema de los reglamentos gubernamentales:

La reglamentación gubernamental cada vez mayor ha tenido efectos negativos en la productividad ya que reduce los recursos de las organizaciones.

3. El tamaño y la obsolescencia de las organizaciones tienen un efecto negativo sobre el aumento de la productividad:

Cuanto mayor tamaño adquiere una organización, mayores serán los obstáculos a los que se enfrentarán tanto las comunicaciones internas como las externas, la unicidad de propósitos y el cumplimiento de los resultados.

4. Incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo:

Muchas organizaciones desconocen los procedimientos para evaluar y medir la productividad del trabajo, lo que genera inconformidad entre los empleados.

5. Los recursos físicos, los métodos de trabajo y los factores tecnológicos que actúan tanto en forma individual y combinada para restringir la productividad.

El área de producción, el diseño del producto, la maquinaria y el equipo, así como la calidad de las materias primas que se empleen y la continuidad de su abastecimiento tienen un importante efecto en la productividad.

### Problema de productividad

Raúl Rodríguez, superintendente de producción de la compañía de metales “La Criollita”, y Miguel Suárez, especialista en planeación y control de producción, no han mantenido relaciones muy amistosas desde hace más de un mes. Raúl sostiene que Miguel continuamente le da órdenes acerca de cómo realizar su trabajo. A su vez, éste considera que su obligación consiste en planear la producción y programar el material necesario para la misma. Sin la cooperación de Raúl, Miguel no puede cumplir con sus obligaciones. Roberto García, vicepresidente de producción, que supervisa a Raúl y a Miguel, no se había enterado de la desavenencia entre Raúl y Miguel, puesto que ambos se habían mostrado sumamente discretos al respecto. Sin embargo, después de hablar por separado con cada uno de ellos logró hacer un resumen de la situación, a saber:

Miguel: ¿Cómo puedo desempeñar mi trabajo si no tengo la libertad de programar la producción de una manera más eficaz?

Raúl: Yo tengo dos jefes, Miguel y tú. ¿Para quién trabajo en realidad? Se me culpa si no cumplo con el programa establecido y aun así Miguel está tratando de programar toda la producción.

¿Cómo afecta la productividad este tipo de problemas en las organizaciones?

¿De que forma se podría resolver este problema?

### CRITERIOS PARA ANALIZAR LA PRODUCTIVIDAD

Existe una gran variedad de parámetros que afectan a la productividad del trabajo y en especial los ingenieros industriales analizan los factores conocidos como las “M” mágicas, llamadas así porque todos ellos, en inglés, empiezan con EME.

*Hombres (men)*

*Dinero (money)*

*Materiales*

*Métodos*

*Mercados (markets)**Máquinas (machines)**Medio ambiente**Mantenimiento del sistema**Misceláneos: Controles, materiales, costos,  
inventarios, calidad, cantidad,  
tiempo, etcétera**Management**Manufactura*

## PRODUCTIVIDAD Y NIVEL DE VIDA

Es evidente que cuanto más alta sea la productividad, es decir, mayor la producción a igualdad de elementos productores (capital, máquinas, obreros, etcétera), más económica resultará y mayores serán los beneficios que pueden obtenerse.

Estos beneficios deben repartirse entre los elementos productores y los consumidores:

- a) Una parte, irá a los obreros, pues ganarán más a medida que aumenten su productividad.
- b) Otra irá a los empresarios, que deben ganar más conforme más inviertan y promuevan la productividad.
- c) Por otra parte, debe beneficiarse al consumidor, pues el abaratamiento de la producción traerá como consecuencia un aumento de la venta de los productos fabricados.

Por lo tanto, un aumento de la productividad generará los siguientes beneficios:

1. Los obreros, al ganar más y disponer de más dinero, podrán gastar más y ahorrar para invertir en empresas industriales.
2. Las empresas, al obtener más beneficios, además de lograr mayores utilidades, podrán dedicar una parte de ellos a los consumidores, vía reducción de precios de sus productos, y otra a mejorar sus instalaciones, lo que incrementará aún más la productividad.
3. Los consumidores, debido a la reducción de precios, podrán comprar mayor número de productos, lo cual aumentará el nivel medio de vida general de la población.

En resumen: Un aumento de la productividad produce una riqueza marginal, cuyo efecto multiplicador se traduce en una elevación continua y constante del nivel general de vida.

## TEMORES AL PROMOVER EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Tanto el gobierno como los directivos, trabajadores y la sociedad son responsables de la promoción de la productividad, ya que generalmente surgen los siguientes temores:

- a) A lo desconocido.
- b) A la reducción de los empleos.
- c) Al desempleo.
- d) A las cargas de trabajo desbalanceadas.
- e) A la mala distribución de las ganancias con la mayor productividad.

Ante ello, cada sector debe asumir diversas responsabilidades, a saber:

#### **I. Del gobierno:**

- a) Propagar el concepto de productividad y financiar las instituciones que la promuevan.
- b) Procurar un desarrollo económico equilibrado.
- c) Sostener y aumentar el empleo.
- d) Regular precios.
- e) Crear condiciones adecuadas para incrementar la productividad.

#### **II. De la dirección empresarial:**

- a) Reconocer y asumir el concepto de productividad.
- b) Favorecer los adelantos técnicos y utilizar las técnicas modernas de dirección.
- c) Desarrollar buenas relaciones obrero-patronales.
- d) Conseguir que los trabajadores apoyen las campañas de productividad.
- e) Reinvertir utilidades.
- f) Revisar periódicamente las políticas de salarios.

#### **III. De los trabajadores:**

- a) Reconocer y aceptar las políticas elaboradas por la dirección empresarial.
- b) Reconocer y adoptar los beneficios que generan los cambios técnicos.
- c) Hacer un buen trabajo a cambio de un salario justo.

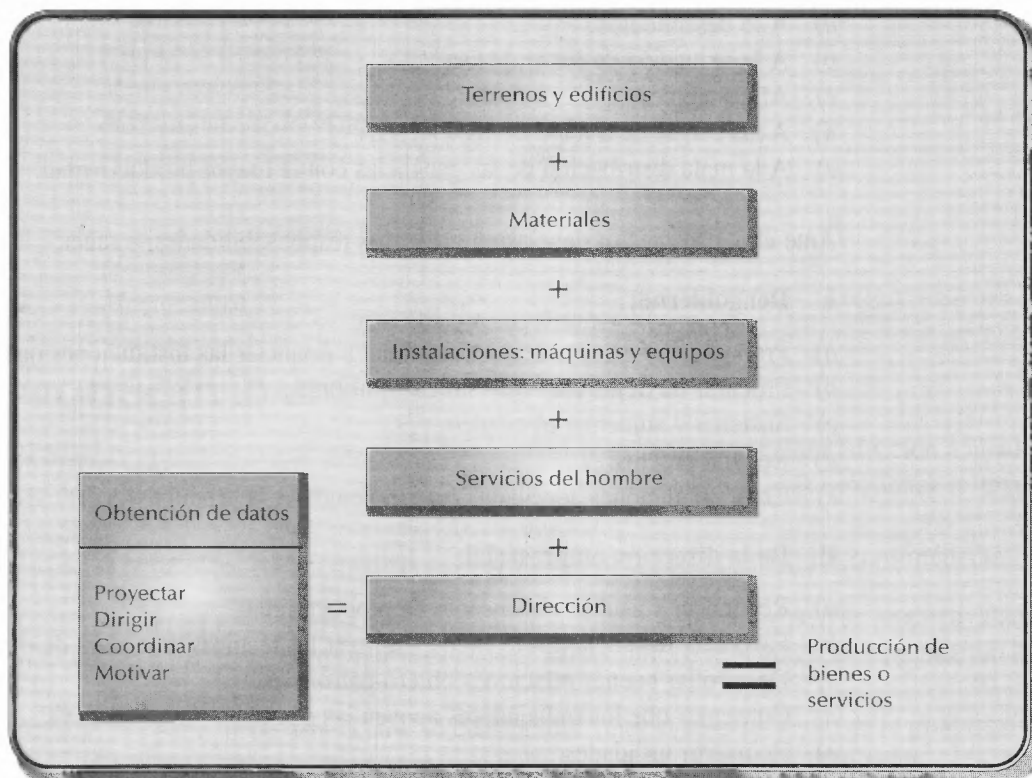
#### **IV. De la sociedad o comunidad:**

- a) Regular el nivel de población.
- b) Insistir en la calidad y en precios justos.
- c) Fomentar la educación.

## **LA DIRECCIÓN EN EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD**

La posición clave de la dirección puede apreciarse mejor en la figura 2.1.

La importancia relativa de cada uno de los recursos que se mencionan varía de acuerdo con la naturaleza de la empresa, el país en que opera, la disponibilidad y costo de cada uno de ellos, la índole del producto y los procesos necesarios para su fabricación.



**Figura 2.1**  
Posición clave  
de la dirección.

En toda empresa dirigida por más de una persona, la gestión rectora consiste en velar por el empleo equilibrado de los recursos y coordinar las actividades de todos dentro de la organización para obtener el mejor resultado.

El aprovechamiento de la máxima productividad de terrenos y edificios puede ser una causa muy importante de reducción de costos, particularmente cuando una empresa se halla en periodo de expansión y necesita ampliar su capacidad de producción.

Toda reducción del proyecto original que puede llevarse a cabo antes de adquirir el terreno o construir los edificios representa un menor desembolso de capital (o renta), un ahorro de materiales y de instalaciones, además de disminución de gastos futuros de mantenimiento.

Existen muchas industrias en las que el costo de las materias primas representa 60% o más del costo del producto terminado, mientras que el resto corresponde a la mano de obra y gastos generales.

En cualquiera de esas condiciones, la productividad de los materiales es un factor fundamental para una producción u operación económicas. En este caso es probable que sea mucho más importante que la productividad de la mano de obra, e incluso que la de las instalaciones y la maquinaria. Sin embargo, nos obliga a asegurarnos de que los operadores están debidamente capacitados y adiestrados para no hacer trabajos defectuosos, lo cual genera pérdidas de material.

## PRODUCTIVIDAD DE LAS INSTALACIONES, E LA MAQUINARIA, DEL EQUIPO Y DE LA MANO DE OBRA

Consideremos nuevamente la naturaleza de la productividad, que ya definimos como “la relación aritmética entre la cantidad producida y la cuantía de los recursos empleados en la producción”.

Para comprenderla tenemos que introducir la noción de *tiempo*, ya que la cantidad de productos que se obtienen de una máquina o de un trabajo en un tiempo determinado constituye la medida de la productividad. Ésta se determina computando la producción de mercancías o de servicios en cierto número “horas-hombre u horas-máquina”.

Una hora-hombre = Trabajo de un hombre en una hora.

Una hora-máquina = Funcionamiento de una máquina durante una hora.

El tiempo invertido por un hombre en una máquina para llevar a cabo una operación o producir una cantidad determinada de productos o servicios se descompone generalmente en la forma en que se observa en la figura 2.2.

## PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA

Este tema se verá a lo largo de todo el libro, según se estudien los aspectos de la productividad de los materiales, máquinas, equipo, herramientas, instalaciones y mano de obra en particular y, finalmente, todos ellos en conjunto. Las técnicas que estudiaremos y que se aplican en el estudio del trabajo pueden utilizarse con éxito dondequiera que se trabaje: fábricas, oficinas, almacenes, servicios públicos y en el campo.

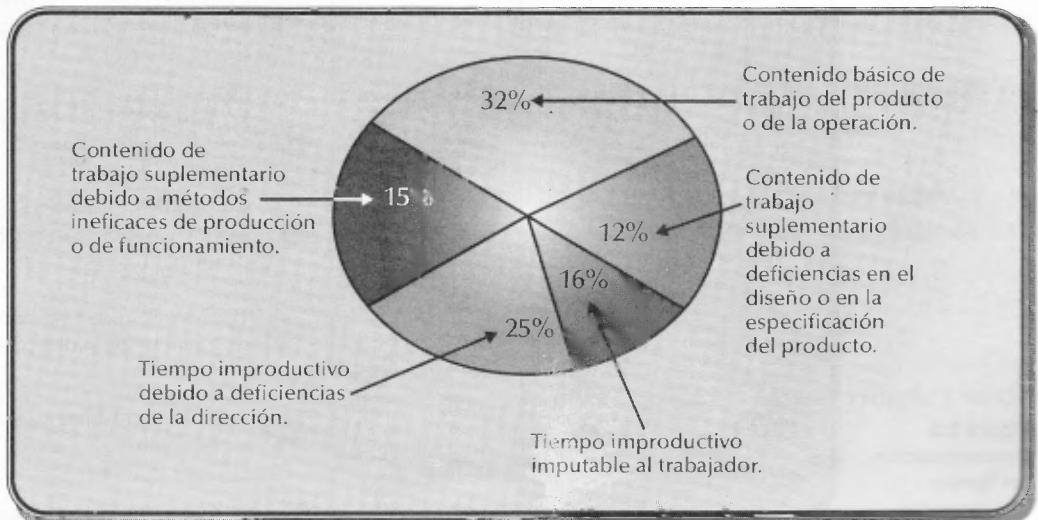


Figura 2.2  
Composición  
del tiempo  
de fabricación.

Es necesario tener presente que la productividad no sólo se refiere a la mano de obra. Por lo tanto, el aumento de la productividad se debe considerar como un problema consistente en obtener el máximo provecho de todos los recursos disponibles, incluyendo los materiales y maquinaria en general.

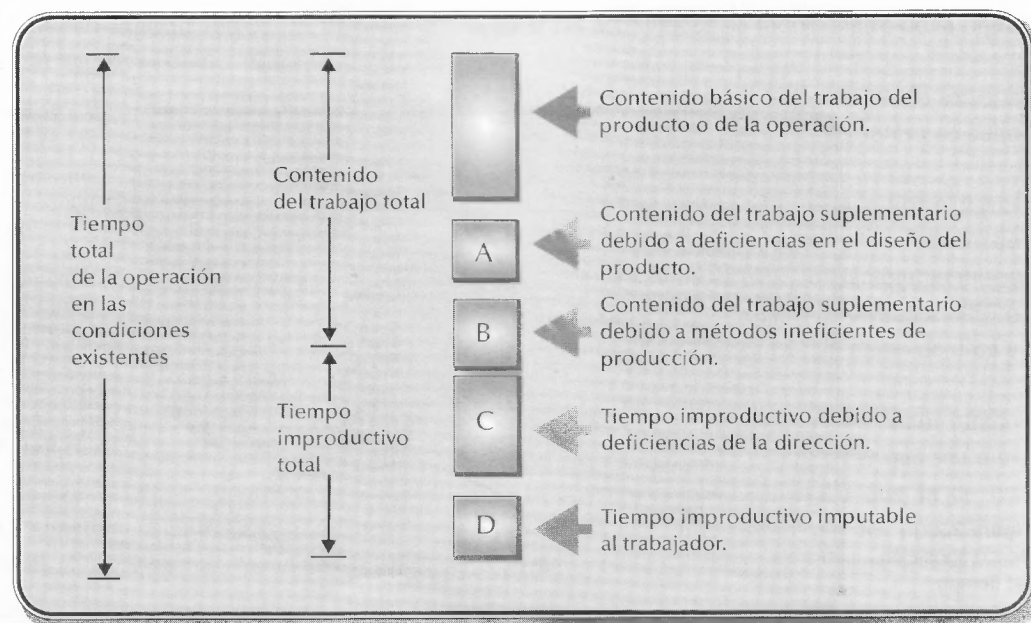
Como introducción al campo de la productividad industrial, podemos decir que el tiempo total invertido por un hombre o por una máquina para llevar a cabo una operación o para producir una cantidad determinada de productos, puede descomponerse de la manera como se muestra en la figura 2.3.

El contenido básico de trabajo es el tiempo mínimo *irreducible* que teóricamente se necesita para obtener una unidad de producción: es decir, el tiempo que se invertiría en fabricar un producto o en llevar a cabo una operación si el diseño, la especificación, el proceso y el método de fabricación fuesen perfectos: esto es, si no hubiera pérdida de tiempo por ningún motivo durante la actividad (con excepción de las pausas normales de descanso que se dan al trabajador). Obviamente, ésta es una situación que nunca se logrará, pero el objetivo de la gerencia debe ser aproximarse lo más que sea posible al contenido básico de trabajo.

Hay elementos que se suman al contenido básico de trabajo, a saber:

- Los contenidos suplementarios de trabajo A y B
- Los tiempos improductivos C y D, según la figura 2.3

A estos factores se debe la disminución de la productividad o el estancamiento de la misma. En otras palabras, eliminándolos o reduciéndolos se logra elevar la productividad. A continuación veremos las causas específicas de estos dos tiempos adicionales al contenido básico de trabajo.



**Figura 2.3**  
Descomposición  
del tiempo  
de fabricación.



- a) Contenido de trabajo suplementario debido a deficiencias del diseño o especificación del producto:
  - 1. Diseño del producto o partes que impide la utilización de procedimientos o métodos de fabricación más económicos.
  - 2. Diversidad excesiva de productos o falta de normalización de los componentes.
  - 3. Fijación equivocada de normas de calidad, por exceso o por defecto.
  - 4. Los componentes de un producto pueden tener un modelo tal que, para darle forma definitiva, es preciso eliminar una cantidad excesiva de material, lo cual ocasiona desperdicios de material y aumento del contenido de trabajo.
  
- b) Contenido de trabajo suplementario debido a métodos ineficaces de producción o funcionamiento:
  - 1. Utilización de tipos o tamaños inadecuados de maquinaria cuya capacidad sea inferior a la apropiada.
  - 2. Los procesos de alimentación, ritmo, velocidad de recorrido, temperatura, presión, etcétera, no funcionan adecuadamente.
  - 3. Se utilizan herramientas inadecuadas.
  - 4. La disposición de la fábrica, taller o lugar de trabajo impone movimientos innecesarios, lo cual da por resultado pérdidas de tiempo y fatiga.
  - 5. Los métodos de trabajo del operador entrañan movimientos innecesarios, pérdida de tiempo y energía.
  
- c) Tiempo improductivo por deficiencias de la dirección:
  - 1. Política de ventas que exija un número excesivo de variedades de un producto.
  - 2. Falta de estandarización de componentes de uno o varios productos con efecto similar.
  - 3. Descuido en el diseño del producto sin respetar las indicaciones del cliente y evitar modificaciones del modelo.
  - 4. Mala planificación de la secuencia de operaciones y pedidos.
  - 5. Inadecuada organización del abastecimiento de materias primas, herramientas y demás elementos necesarios.
  - 6. Deficiente mantenimiento de las instalaciones y la maquinaria.
  - 7. Por permitir que las instalaciones y la maquinaria funcionen en mal estado.
  - 8. Inexistencia de condiciones de trabajo que permitan al operador trabajar en forma continua.
  
- d) Tiempo improductivo imputable al trabajador:
  - 1. Ausencias, retardos, no trabajar de inmediato, trabajar despacio, o simple y sencillamente no querer trabajar.
  - 2. Trabajar con descuido, lo cual origina desechos o repeticiones.
  - 3. Inobservancia de las normas de seguridad.

## ¿Por qué es importante el incremento de la productividad?

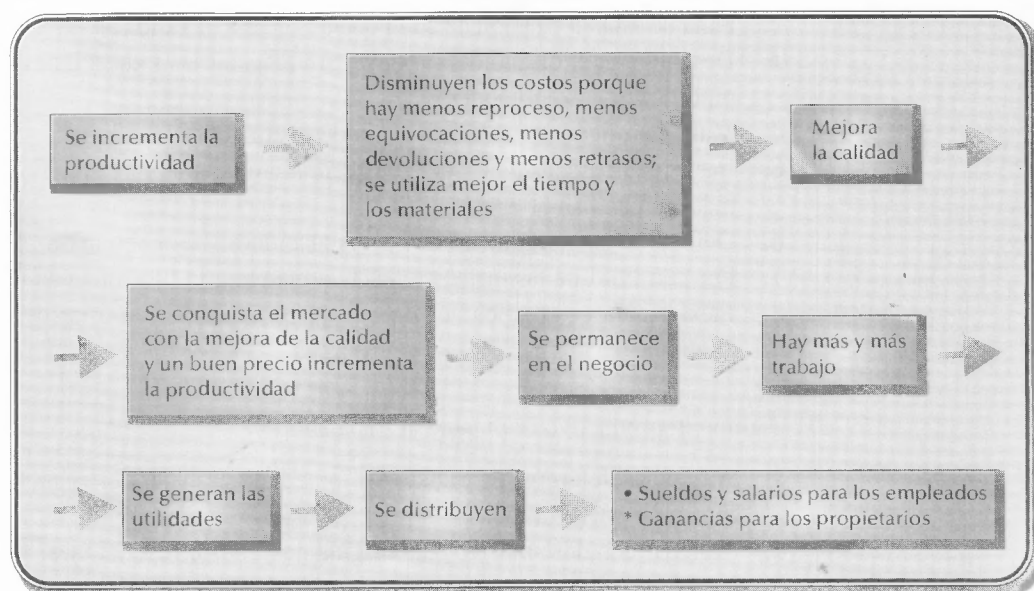
Es importante incrementar la productividad porque ésta provoca una “reacción en cadena” en el interior de la empresa, fenómeno que se traduce en una mejor calidad de los productos, menores precios, estabilidad del empleo, permanencia de la empresa, mayores beneficios y **mayor bienestar colectivo**, tal como se puede ver en la figura 2.4.

## ¿Se puede medir la productividad? ¿Con qué niveles de desagregación?

Es posible medir la productividad. Los indicadores de productividad se pueden construir con varios niveles de desagregación (o de detalle). Se puede medir con base en los factores productivos antes mencionados que participan en la producción, o bien, a partir de las diversas actividades económicas que se desarrollan en un país. En el primer caso los indicadores que se pueden generar son la productividad total de los factores (PTF) y los indicadores parciales de productividad. Dentro de estos últimos, los más importantes son los de la productividad del trabajo o laboral y el de la productividad del capital.

En el segundo caso, los indicadores pueden ser calculados para la economía en su conjunto, para cada uno de los sectores de actividad (manufacturas, servicios, comercio, transporte, etcétera) y para cada división de la industria manufacturera (alimentos, bebidas y tabaco, textiles, madera, papel, etcétera).

Los indicadores de productividad también pueden calcularse al nivel de cualquier empresa o establecimiento que realice alguna actividad económica.



**Figura 2.4**  
Reacción en cadena de una mayor productividad.

# INDICADORES IMPORTANTES

## EFICACIA Y EFICIENCIA

Desde un punto de vista sistémico se sabe que para que una empresa trabaje bien, todas sus áreas y su personal, sin importar sus jerarquías, deben funcionar adecuadamente, pues la productividad es el punto final del esfuerzo y combinación de todos los recursos humanos, materiales y financieros que integran una empresa.

La eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos. La eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos; es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad. De ello se desprende que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Eficacia}}{\text{Eficiencia}} = \frac{\text{Valor} \Rightarrow \text{Cliente}}{\text{Costo} \Rightarrow \text{Productor}}$$

| VARIABLES         | DEFINICIÓN                                                                                       | INDICADORES                                                                                                                                                          |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eficiencia</b> | Forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, etcétera. | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Tiempos muertos</li> <li>● Desperdicio</li> <li>● Porcentaje de utilización de la capacidad instalada.</li> </ul>           |
| <b>Eficacia</b>   | Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, etcétera.                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Grado de cumplimiento de los programas de producción o de ventas.</li> <li>● Demoras en los tiempos de entregas.</li> </ul> |

**Eficiencia:** Es la capacidad disponible en horas-hombre y horas-máquina para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente.

Las causas de tiempos muertos, tanto en horas-hombre como en horas-máquina, son las siguientes:

|                                                                                                                                                       |                                                                                                                                         |                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Falta de material</li> <li>● Falta de personal</li> <li>● Falta de energía</li> <li>● Manufactura</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Mantenimiento</li> <li>● Producción</li> <li>● Calidad</li> <li>● Falta de tarjetas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Otros</li> <li>● Falta de información</li> </ul> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|

Capacidad usada = (Capacidad disponible – tiempo muerto)

Porcentaje de eficiencia = (Capacidad usada/Capacidad disponible) × 100

Porcentaje de eficacia = (Producción real/ Producción programada) × 100

### Problema (2.1)

Una compañía fabricante de utensilios de cocina desea optimizar la cantidad de material que se desperdicia en el corte con discos para la fabricación de ollas de diferentes dimensiones.

Se requiere fabricar al mes los siguientes artículos, con estas características:

1. 500 ollas de 16 cm de diámetro en el fondo; cada una utiliza un disco de aluminio de 17 cm de diámetro y 2 mm de espesor.
2. 400 ollas de 20 cm de diámetro en el fondo; cada una requiere de un disco de aluminio de 20.5 cm de diámetro y 2 mm de espesor.
3. 350 ollas de 22 cm de diámetro en el fondo; cada olla emplea un disco de aluminio de 22.5 cm de diámetro y 2 mm de espesor.
4. 155 ollas de 24 cm de diámetro en el fondo; cada una de ellas necesita de un disco de aluminio de 24 cm de diámetro y 2 mm de espesor.

Se dispone de aluminio ya rolado de 2 mm de espesor, 1.5 m de ancho, 40 m de longitud y 980 kg de peso.

Se desea maximizar el material de tal manera que se cumpla con la producción y lograr un ahorro. Cada metro ya rolado tiene un costo de \$ 6.00 por kg, y el desperdicio por kg tiene un costo de \$ 3.00 para fundirlo y rolarlo nuevamente para obtener aluminio de 2 mm de espesor por 1.5 m de ancho.

### Problema (2.2)

Una fábrica de cajas de empaque necesita realizar cambios de procesos en su planta de producción, ya que los existentes han aumentado considerablemente su costo. Por lo tanto, se le ha encargado al ingeniero industrial que realice un estudio profundo de productividad con el objeto de reducir costos.

**Requerimientos:** El problema al que se enfrenta el ingeniero es decidir cuál de dos métodos es el más económico, y cuál de ellos generará mayor cantidad de cajas a menor costo, si se tienen las siguientes condiciones, según muestra la figura 2.5.

|                      |                                             |
|----------------------|---------------------------------------------|
| Primer método:       | Cortar y soldar.                            |
| Segundo método:      | Cortar, doblar y soldar.                    |
| Material:            | Lámina de 55 m por 3.1 m y 3 mm de espesor. |
| Costos de operación: |                                             |
| Corte                | \$ 0.30 c/u                                 |
| Dobleces             | \$ 1.00 c/u                                 |
| Soldadura            | \$ 0.75 c/u                                 |

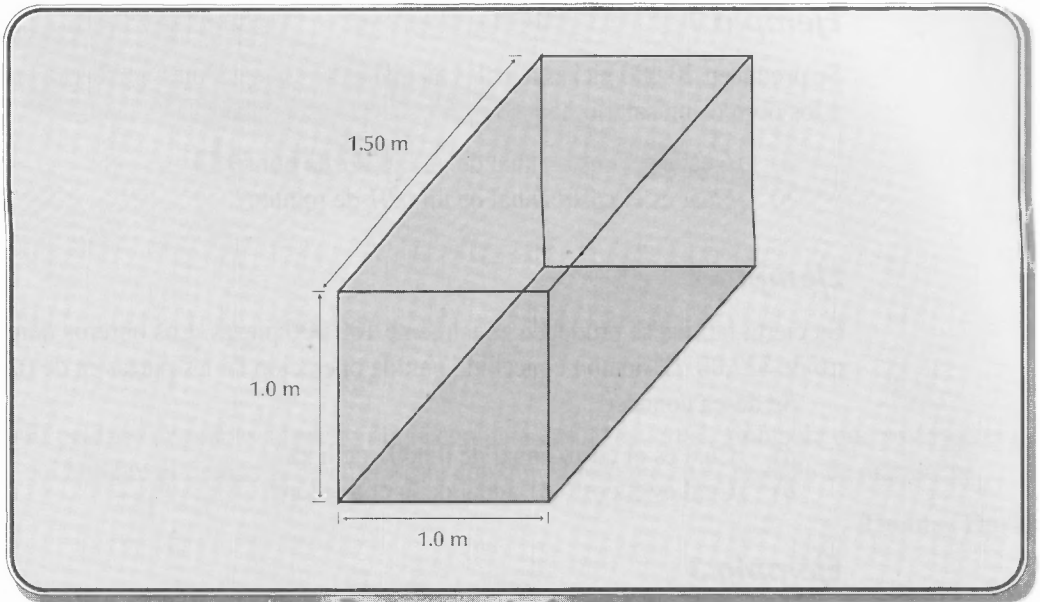


Figura 2.5  
Cubo de  
aplique.

### *Problemas típicos de aplicación del costo anual*

Si se quiere conocer el costo anual de un diezmilésimo de hora de cualquier actividad en una organización industrial, se debe proceder de la siguiente manera:

$$\text{Actividad anual} \times \text{Salario horario} \times 0.0001 = \text{costo anual de 0.0001 de hora.}$$

Se procede de la misma manera para calcular la actividad anual:

$$\frac{\text{Operaciones iguales en cada pieza}}{\text{Número de piezas en un año}} = \text{Actividad anual}$$

Cuando se desea determinar el costo anual de un centésimo de minuto se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Costo anual de 0.01 de minuto} = \frac{\text{actividad anual} \times \text{salario horario} \times 0.01}{60}$$

Para transformar el costo anual de un diezmilésimo de hora en el costo anual de un centésimo de minuto, o viceversa, se emplean las siguientes igualdades:

$$\text{Costo anual de un diezmilésimo de hora} = \text{Costo anual de un centésimo de minuto} \times 0.6$$

$$\text{Costo anual de un centésimo de minuto} = \text{Costo anual de un diezmilésimo de hora} \times \left( \frac{10}{6} \right)$$

### Ejemplo 1

Se producen 20 000 piezas anuales mediante tres operaciones iguales en cada pieza. Se paga a los obreros un salario horario de \$4.00. Se desea saber:

- a) ¿Cuál es el costo anual de un 0.0001 de hora?
- b) ¿Cuál es el costo anual de un 0.01 de minuto?

### Ejemplo 2

En cierta fábrica se producen anualmente 100 000 piezas. Los obreros tienen un salario diario de \$27.00. El tiempo concedido para la operación de las piezas es de 0.110 horas.

Se desea conocer:

- a) ¿Cuál es el costo anual de 0.0001 de hora?
- b) ¿Cuál es el costo de anual de la operación?

### Ejemplo 3

De la comparación de dos empresas que efectúan la misma operación surgieron los siguientes datos:

Actividad anual de las empresas: 1 500 000 piezas

Se desea conocer:

- a) ¿Cuál es el costo anual de 0.01 minutos en una empresa que paga \$ 24 pesos por día?
- b) ¿Cuál es el costo anual de 0.0001 de hora en una empresa que paga \$ 2.75 por hora?
- c) ¿Qué empresa tiene el costo más alto, suponiendo que en la primera son necesarios 0.0150 de hora por pieza, mientras que en la segunda sólo se emplean 0.0100 de hora?

## BIBLIOGRAFÍA

- 
- Barde, Friederich, *El estímulo de la productividad*, Reverté, Barcelona, 1979.  
 Lasheras, José Ma. Esteban, *Tecnología de la organización industrial*, tomo 1, Cedel, 1985.  
 OIT, *Introducción al estudio del trabajo*, 2a. ed., Lev, Ginebra, Suiza, 1973.

## Condiciones de trabajo

El peldaño de una escalera no fue hecho para descansar en él, sino para que sostenga el pie del hombre el tiempo suficiente y éste coloque el otro pie en el peldaño de más arriba.

Thomas Huxley

### OBJETIVOS

- Definir condiciones de trabajo.
- Definir cómo afecta la iluminación en el área de trabajo.
- Reconocer cómo afecta el acondicionamiento cromático al área de trabajo.
- Reconocer cómo afecta el ruido y las vibraciones al operador durante el desarrollo de su trabajo.

### GENERALIDADES

Lo primero que hay que hacer cuando se trata de mejorar los métodos de trabajo en una industria (o en cualquier otra parte), es crear condiciones laborales que permitan a los obreros ejecutar sus tareas sin fatiga innecesaria.

Si el obrero se encuentra en un ambiente grato, en condiciones higiénicas, sin experimentar frío ni calor, con una iluminación adecuada y con el menor ruido posible, disminuye considerablemente su fatiga; además, si no distrae su atención en cuestiones personales, puede concentrarse en su trabajo y realizarlo mejor.

Las malas condiciones de trabajo figuran entre las principales causas productoras de tiempo improductivo por deficiencias de dirección. No sólo se pierde tiempo sino que se origina una proporción excesiva de trabajo defectuoso, con desperdicio de material y pérdida de producción consiguientes.

Las condiciones de trabajo en los locales dependen principalmente de los siguientes factores:

- a) Limpieza
- b) Agua potable e higiene
- c) Orden
- d) Calidad e intensidad de iluminación
- e) Ventilación, calefacción y refrigeración
- f) Acondicionamiento cromático
- g) Ruido y vibraciones
- h) Música ambiental

## **LIMPIEZA**

Por lo general, la limpieza es la primera condición esencial para proteger la salud de los trabajadores y normalmente cuesta poco.

Para la salud es indispensable que todos los talleres y locales de la empresa se mantengan en condiciones higiénicas y que la basura se recoja a diario en todos los lugares de trabajo, pasillos y escaleras.

El hábito de escupir es particularmente peligroso para la salud. Deben colocarse avisos que prohíban hacerlo en suelo, paredes o escaleras. Cuando sea necesario poner escupideras, deben ser suficientemente numerosas e higiénicas, y limpiarse y desinfectarse de manera adecuada por lo menos una vez por turno de trabajo.

Debe ponerse especial empeño en eliminar de los locales de trabajo y talleres a los roedores, insectos o parásitos, que transmiten peligrosas enfermedades.

## **AGUA POTABLE E HIGIENE**

El personal debe tener a su disposición un abastecimiento adecuado de agua potable, limpia y fresca, proveniente de una fuente segura y controlada regularmente.

## **ORDEN**

El orden favorece la productividad y ayuda a reducir el número de accidentes. Si en los pasadizos hay pilas de materiales y otros estorbos se pierde tiempo apartándolos para trasladar cargas de un lado a otro de las máquinas o locales. En las fábricas que producen operaciones en serie, éstas pueden ser interrumpidas varias horas si los materiales están esparcidos o en desorden.

Tener material desparramado, productos semiacabados amontonados en los pisos y bancos de muchas empresas representa dinero parado que bien podría utilizarse para reducir costos y aumentar la productividad.



## CALIDAD E INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN

La buena iluminación acelera la producción. Es esencial para la salud, seguridad y eficiencia de los trabajadores. Sin ella sufrirá la vista de los trabajadores, aumentarán los accidentes y el desperdicio de material y disminuirá la producción.

Además de la intensidad del alumbrado, es necesario tener en cuenta la calidad de la luz, el deslumbramiento por localización de las fuentes luminosas, los contrastes de colores y de brillantez, el parpadeo de las lámparas y las sombras producidas. Algunas formas de obtener un buen alumbrado son las siguientes:

1. Reducir el deslumbramiento mediante la instalación de un número adecuado de fuentes de luz para lograr la iluminación total requerida.
2. Utilizar lámparas incandescentes con bulbos de material opalescentes a fin de disminuir el deslumbramiento y esparcir la luz sobre una superficie mayor.
3. Lograr una aproximación satisfactoria a la luz blanca para la mayor parte de los usos mediante el empleo de focos o lámparas incandescentes o bien unidades fluorescentes de luz blanca individuales.
4. Eliminación de toda sombra; es decir, lograr el nivel correcto de iluminación en todos los puntos de la estación de trabajo.
5. Emplear el alumbrado más eficiente que proporcione la calidad y cantidad de luz adecuada en el sitio de trabajo. Por ejemplo, lámparas de tipo fluorescentes diseñadas para sustituir las de 50 o 60 watts de tipo incandescentes proporcionan un alumbrado equivalente con un consumo de energía 75% menor.

Los efectos de la iluminación natural en una organización industrial se muestran en las figuras 3.1, 3.2 y 3.3 y en la tabla 3.1.

Figura 3.1  
Efectos  
defectuosas  
en la  
intensidad  
de la luz solar.

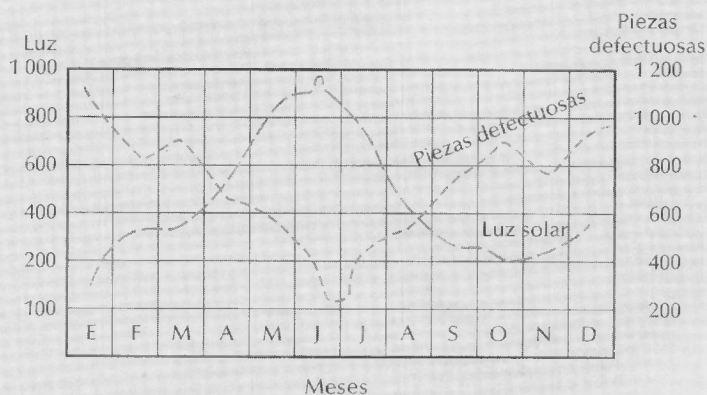
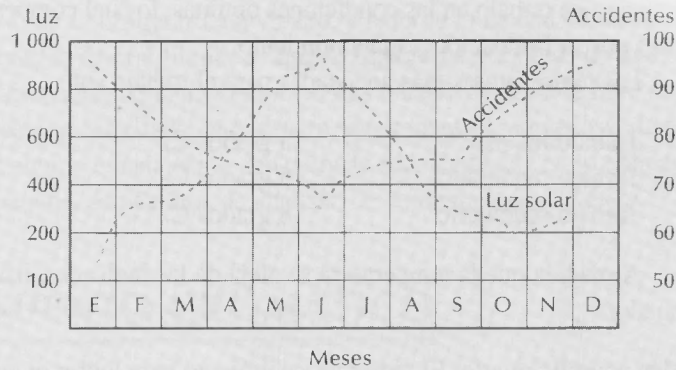


Tabla 3.1 Intensidad de la luz generalmente recomendada

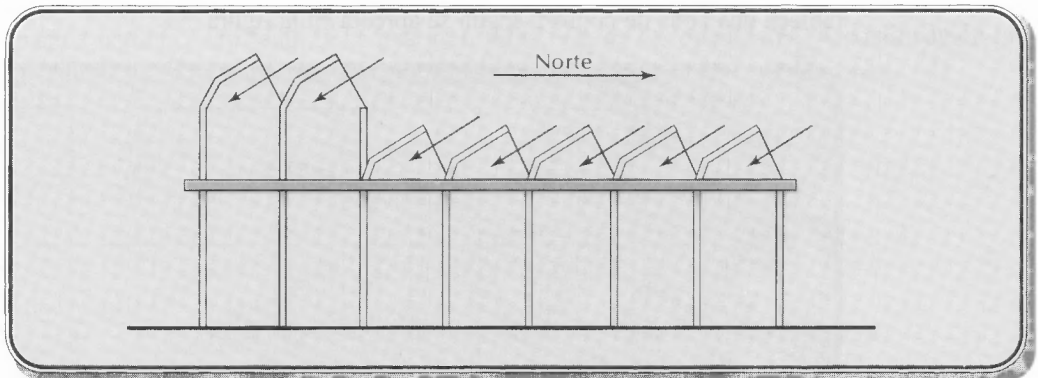
| LOCAL Y CLASE DE TRABAJO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN<br>EN LÚMENES |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <i>Tareas que exigen máximo esfuerzo visual</i><br>Trabajos de precisión máxima que requieren:<br>Finísima distinción de detalles<br>Condiciones de contraste malas<br>Periodos prolongados<br>tales como:<br>Montajes extrafinos, talleres de joyería, grabado, litografía.                                                                                                             | 200-1 000                               |
| <i>Tareas que exigen gran esfuerzo visual</i><br>Trabajos de precisión que requieren:<br>Fina distinción de detalles<br>Grado mediano de contraste<br>Periodos prolongados<br>tales como:<br>Montajes finos, trabajos a gran velocidad y acabado fino.                                                                                                                                   | 100                                     |
| <i>Tareas que exigen bastante esfuerzo visual</i><br>Trabajos prolongados que requieren:<br>Fina distinción de detalles<br>Grado moderado de contraste<br>tales como:<br>Trabajo corriente de banco de taller y montaje: trabajo en maquinaria de taller, acabado de piezas de finura media o grande trabajo de oficina.                                                                 | 50                                      |
| <i>Tareas que exigen un esfuerzo visual corriente</i><br>Trabajos que requieren:<br>Distinción moderada de detalles<br>Grado normal de contraste<br>Periodos intermitentes<br>tales como:<br>Trabajos en máquinas automáticas, esmerilado tosco, trabajos de mecánica (automóviles), tablero de distribución, procesos continuos, salas de archivo y conferencias, embalaje y expedición | 30                                      |
| <i>Tareas que exigen poco esfuerzo visual</i><br>como en:<br>Escaleras, recibidores, cuartos de aseo y lugares de servicio, almacenamiento.                                                                                                                                                                                                                                              | 10                                      |
| <i>Tareas que no exigen esfuerzo visual</i><br>como en:<br>Vestibulos, pasillos, pasadizos, almacenes, patios.                                                                                                                                                                                                                                                                           | 5                                       |

Basado en un cuadro publicado en *United States Bulletin No. 297* (Washington, 1988).

**Figura 3.2**  
Accidentes  
según  
la intensidad  
de la luz solar.



**Figura 3.3**  
Edificio  
industrial  
que aprovecha  
la intensidad  
de la luz solar.



## VENTILACIÓN, CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

Se ha comprobado de manera experimental que las necesidades de oxígeno para la respiración humana aumentan casi proporcionalmente con la intensidad del trabajo.

Por eso es necesario dotar a los centros fabriles de ventilación natural adecuada, y si no fuera suficiente, forzarla por medio de ventiladores o extractores de aire, no sólo para proporcionar a los obreros el aire puro necesario para su respiración, sino también para la renovación periódica de la atmósfera de la fábrica, viciada por los productos procedentes de la transpiración cutánea y pulmonar y por los gases y polvo procedentes de las operaciones que se realizan en el local.

Si en la fábrica existen polvos, gases o vapores, es recomendable eliminarlos, no sólo para crear un ambiente agradable de trabajo, sino porque según sea su naturaleza y concentración pueden ser tóxicos y dañar seriamente la salud de los trabajadores.

Por otra parte, pocas son las fábricas que no disponen de un sistema de calefacción si se encuentran emplazadas en regiones frías.

La calefacción mejora el ambiente de trabajo pues al eliminar el frío se mantiene el rendimiento de trabajo en las condiciones óptimas, lo cual compensa con creces el gasto ocasionado por su instalación y mantenimiento.

Las temperaturas más adecuadas para el trabajo son:

|                    |              |
|--------------------|--------------|
| Trabajo intenso    | 13 grados C. |
| Trabajo moderado   | 15 grados C. |
| Trabajo sedentario | 18 grados C. |

A medida que la temperatura se aleja de las indicadas disminuye el rendimiento del trabajador.

**Aire acondicionado.** El mejor procedimiento para lograr el ambiente atmosférico ideal para el trabajo es el acondicionamiento del aire.

Con él se mantiene el ambiente de trabajo a la temperatura y humedad óptimas y se establece una zona de confort, según se aprecia en la figura 3.4.

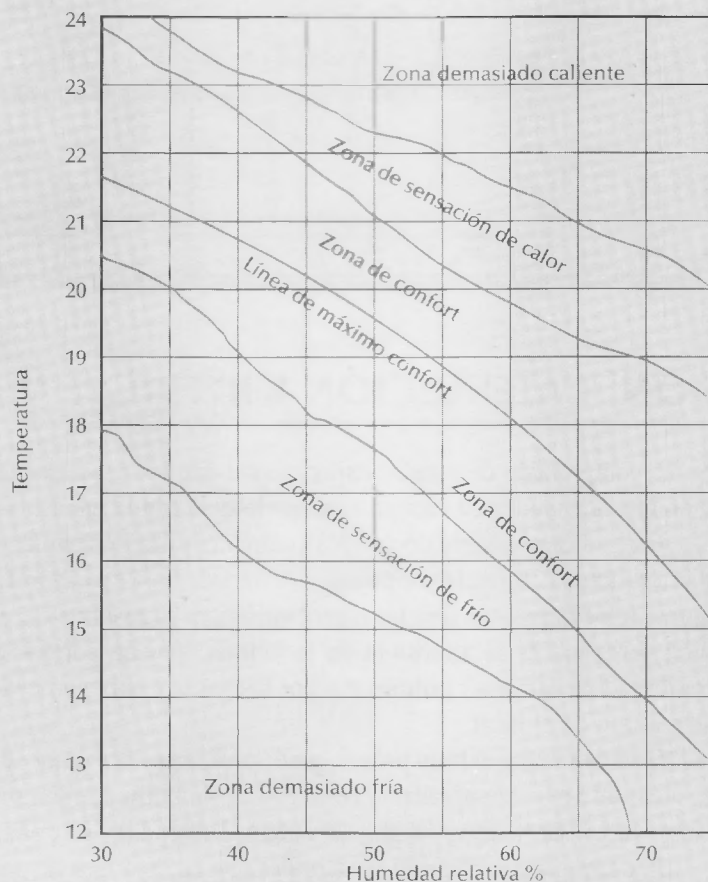


Figura 3.4  
Zona de confort  
ambiental.

Por medio de los equipos de aire acondicionado no sólo se consigue calentar las instalaciones en invierno y refrigerarlo en verano, y tener la humedad conveniente en cada caso, sino que, además, se filtra y limpia el aire de impurezas e incluso de malos olores. Con estos equipos se hace recircular el aire del local tres o cuatro veces a la hora introduciendo del exterior un porcentaje adecuado de aire puro, que renueva y compensa el oxígeno perdido.

Como el equipo e instalación son caros lo recomendable es su aplicación en las salas de control de aparatos, de aparatos de análisis, de computadoras, etcétera.

## ACONDICIONAMIENTO CROMÁTICO

En épocas pasadas, el color gris oscuro era el más usado en los locales industriales. En la actualidad, por el contrario, se ha desterrado este color casi por completo, por lo menos en sus tonos oscuros, pues se ha demostrado que una pintura adecuada, además de mejorar la iluminación natural y artificial, tiene una gran influencia en los operadores. A continuación presentamos las reacciones que diversos colores en teoría generan en las personas.

- El amarillo produce mayor actividad y eficiencia.
- El verde disminuye la actividad, pero aumenta la eficiencia.
- El azul produce sensación de frío y disminuye la actividad.
- El violeta produce apatía y disminuye la actividad.
- El anaranjado eleva la actividad, pero da sensación de calor.
- El rojo altera los nervios de los operarios y provoca rencillas entre ellos.

Por ello es necesario profundizar en el ambiente cromático ya que con poca diferencia de costo sobre una pintura inadecuada, puede lograrse una mayor productividad.

Es recomendable pintar los locales industriales de la siguiente manera:

- Techos y estructuras: marfil o crema pálido.
- Paredes: amarillo.
- Puentes grúas: amarillo cadmio con bandas negras verticales en el centro.
- Maquinaria: verde medio o gris claro verdoso; los volantes deben ser destacados en rojo.
- Motores de las máquinas: azul oscuro.

## RUIDO Y VIBRACIONES

El ruido es otro factor importante que debe ser eliminado o reducido en lo posible para incrementar la eficacia del trabajador. Es causa frecuente de fatiga, irritación y caídas de producción; además, cuando es intermitente o constante tiende a excitar emocionalmente a los

trabajadores; es decir, altera su estado de ánimo y dificulta que realice un trabajo de precisión. Con frecuencia, controversias, conflictos personales y otras formas de mala conducta entre los obreros pueden ser atribuidas a ruidos perturbadores.

Existen varios procedimientos para reducir el ruido, entre los cuales se destaca montar las máquinas ruidosas sobre bases elásticas. También se puede aislar eficazmente el ruido forrando las paredes y techos con material apropiado para atenuar el sonido hasta el grado que se desee.

El ruido puede ser excesivo por su intensidad, por su frecuencia o por ambas cosas. Se calcula que la intensidad máxima tolerable por el oído es de 90 decibeles, aunque incluso niveles menores pueden ser molestos si tienen muy alta frecuencia (tabla 3.2).

**Tabla 3.2** Intensidad de los ruidos más comunes

| DECIBELIOS | CLASE DE RUIDO                                              | EFFECTO EN EL ORGANISMO HUMANO                |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 0          | Umbral de audibilidad                                       | Soportable incluso por la noche               |
| 10         | Ruido de hojarasca                                          |                                               |
| 30         | Ruido de fondo en las habitaciones por la noche             |                                               |
| 40         | Ruido de fondo en las habitaciones                          | Soportable por el día                         |
| 50         | Despachos, restaurantes                                     |                                               |
| 55         | Conversación normal                                         |                                               |
| 60         | Despacho con mecanógrafas                                   |                                               |
| 65         | Talleres con taladros, pequeñas prensas, etcétera           | Soportables, pero a la larga producen fatiga  |
| 70         | Calles ruidosas                                             |                                               |
| 75         | Talleres con prensas medianas, metro                        |                                               |
| 80         | Tornos, silbatos de policía, gritos humanos                 |                                               |
| 85         | Talleres con telares                                        | Soportables, pero a la larga producen sordera |
| 90         | Claxon agudo                                                |                                               |
| 95         | Talleres de caldería, martillos neumáticos, prensas grandes |                                               |
| 100        | Sierras circulares de acero                                 |                                               |
| 105        | Maquinas rápidas de labrar madera, compresores potentes     | Soportables sólo por corto tiempo             |
| 110        | Martillos neumáticos en locales cerrados                    |                                               |
| 115        | Remachadoras mecánicas                                      |                                               |
| 120        | Avión con motor de explosión, motor                         |                                               |
| 125        | Avión a reacción a 6 m de distancia                         |                                               |
| 130        | Avión con varios reactores a 6 m de distancia               |                                               |
| 135        | A partir de 135 decibeles, los ruidos son                   | Insoportables                                 |

## MÚSICA AMBIENTAL

---

La música siempre se ha utilizado en los trabajos, pero no de manera técnica.

A partir de 1939 en Inglaterra la música se utilizó en las industrias con el objeto de aliviar las pesadas jornadas de trabajo impuestas por la guerra. El resultado fue tan bueno que en la actualidad muchas empresas utilizan esta técnica.

Se recomienda la utilización de la música en dos periodos de 15 a 30 minutos por la mañana y de 15 a 30 minutos por la tarde, generalmente cuando se haya detectado que existe fatiga y aburrimiento. Debería estar comprendida entre 50 y 55 dB de intensidad y se debe modificar la programación de un día para otro.

Los operadores deben saber que la música se instala para mejorar el ambiente de trabajo, ya que al disminuir la fatiga y el aburrimiento, aumenta su bienestar y disminuyen los accidentes.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Alford y Bangs, *Manual de la producción*, UTEHA, México, 1953.  
Barnes, Ralph M., *Estudio de movimientos y tiempos*, Aguilar.  
Lasheras, José Ma. Esteban, *Tecnología de la organización industrial*, tomo 1, Cedel, 1985.  
Nebel, *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfaomega, México, 1990.  
OIT, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.

## **Estudio de los métodos de trabajo**

Tomar riesgos es la esencia de la actividad económica de la empresa... pero, mientras que consideramos inútil tratar de eliminar el riesgo y es muy discutible tratar de minimizarlo, es esencial que los riesgos que se tomen sean los correctos; sin embargo, para lograr este objetivo debemos saber y entender qué riesgos debemos tomar.

**Peter Drucker**

### **OBJETIVOS**

- Explicar las técnicas de estudio de métodos.
- Seleccionar una actividad para aplicar el estudio de métodos.
- Diseñar formatos para realizar el examen crítico.
- Explicar los objetivos que se persiguen cuando se aplica un estudio de métodos.

## **ESTUDIO DE MÉTODOS: SU SIGNIFICACIÓN Y UTILIDAD**

En la actualidad, conjugar adecuadamente los recursos económicos, materiales y humanos origina incrementos de productividad. Con base en la premisa de que en todo proceso siempre se encuentran mejores posibilidades de solución, puede efectuarse un análisis a fin de determinar en qué medida se ajusta cada alternativa a los criterios elegidos y a las especificaciones originales, lo cual se logra a través de los lineamientos del estudio de métodos.

## **SIMPLIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Antes de que existieran las grandes empresas como las que ahora conocemos, la producción era escasa y no cubría las necesidades de un número de consumidores cada día mayor. Esta



situación se debía en gran parte al método manual de producción, que era lento y rudimentario, lo que originó que algunos hombres de ingenio idearan nuevos métodos de producción y desarrollaran máquinas que suplían con enorme ventaja a los individuos que tenían la habilidad para hacer determinado artículo.

La implantación de nuevos métodos de producción simplificó el trabajo de los artesanos y al mismo tiempo benefició a todo el público, pues se podían adquirir mayor cantidad de artículos a precios bajos.

El número de centros productivos se extendió, lo cual aumentó las fuentes de trabajo y la oportunidad para muchos de sentirse útiles a la sociedad.

Sin embargo, en tanto que los métodos de producción mejoraban cada día, no sucedía lo mismo con los métodos administrativos que eran inútiles para resolver una gran cantidad de problemas originados dentro de las propias fábricas.

Por medio del estudio de movimientos se puede analizar cualquier trabajo para lograr la simplificación del mismo.

El uso de estas técnicas para analizar y simplificar cualquier operación o proceso no requiere conocimientos o estudios académicos. Es tan sencilla su aplicación que tan sólo con tener habilidad analítica, complementada con un criterio práctico y un espíritu de progreso, se logra ahorrar trabajo y reducir el esfuerzo y la fatiga del trabajador.

Siempre que se trate de simplificar el trabajo es necesario cambiar el *método de trabajo* porque no es solamente la habilidad de los operadores para realizarlo lo que señala su índice de productividad.

A pesar de ser más fácil, todo nuevo método a primera vista parece más difícil, lo cual se debe a que es necesario un cambio en la habilidad del trabajador hasta que éste se acostumbre y tome un nuevo ritmo normal de trabajo.

Para comprobar lo que decimos, tome un lápiz y un papel y escriba su nombre en él; luego vuélvalo a escribir, pero suprimiendo alternativamente una letra. Si en cada caso toma el tiempo que empleó en cada ocasión, comprobará que al principio toma más tiempo el segundo método a pesar de ser más sencillo.

## REQUISITOS PARA SIMPLIFICAR EL TRABAJO

- a) Tener una mente abierta. Un paracaídas, como la mente, sólo funciona cuando se mantiene abierta.
- b) Mantener una actitud interrogativa. La interrogación en la simplificación del trabajo es una de las más útiles herramientas, porque a manera de un gancho atrapa las ideas.
- c) Trabaje sobre las causas, no sobre los efectos. No se conforme con ver cómo la gente hace su trabajo: analícelo y estúdielo para simplificarlo.
- d) Trabaje sobre los hechos, no sobre las opiniones. Mucha gente cree que un trabajo se hace de determinada manera porque desde muchos años antes se ha hecho así..., lo cual es sólo una opinión, de ningún modo es un hecho.
- e) Acepte las razones, no las excusas, pues... este... pues. La razón es ésta.

- f) Elimine el miedo a la crítica. Despójese de su amor propio y de su pereza mental, pues sólo así logrará cambios que valgan la pena.
- g) Logre vencer la resistencia al cambio. Todos, por naturaleza, nos oponemos al cambio, pero él es el requisito necesario para el progreso.

Se entiende por simplificación del trabajo un método sistemático para la aplicación organizada del sentido común con el objeto de identificar y analizar los problemas del trabajo, desarrollar métodos más fáciles y mejores para hacer las cosas e instituir las modificaciones resultantes.

Sus características son:

- a) El uso de una metodología para desarrollar las innovaciones.
- b) El empleo sistemático de la actitud analítica.
- c) El estímulo del sentido común y del ingenio creador.
- d) El control de las ideas geniales desordenadas.

Así pues, como técnica y como sistema la simplificación del trabajo destierra el concepto de los mejoramientos como un fruto aislado de la inspiración y lo reemplaza por la afirmación categórica de que las mejoras deben surgir como resultado de un análisis completo, concienzudo, organizado, sistematizado y metódico, que es absolutamente fácil de llevar a cabo incluso por las personas más ocupadas de la fábrica.

La simplificación del trabajo desarrolla el hábito del análisis crítico efectuado con una actitud despierta y una mentalidad inquisitiva. Además, este enfoque se sirve de un método analítico que se ayuda de una serie de preguntas, de formas y diagramas diseñados para facilitar la presentación y el análisis cuidadoso de los hechos que permiten recorrer gráficamente cada uno de los aspectos del problema, estudiándolo punto por punto con la minuciosidad pertinente.

## OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MÉTODOS

El estudio de métodos persigue diversos propósitos, los más importantes son:

1. Mejorar los procesos y procedimientos.
2. Mejorar la disposición y el diseño de la fábrica, taller, equipo y lugar de trabajo.
3. Economizar el esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria.
4. Economizar el uso de materiales, máquinas y mano de obra.
5. Aumentar la seguridad.
6. Crear mejores condiciones de trabajo.
7. Hacer más fácil, rápido, sencillo y seguro el trabajo.

¿Por qué insistir tanto en el perfeccionamiento de los métodos de trabajo?

Porque de esa manera se satisfacen los propósitos anteriores, pues sin esos métodos durante mucho tiempo en la mayoría de las empresas habían derroches que se ignoraban por completo, o sólo se percibían cuando saltaban a la vista o cuando eran de magnitud extraordinaria.

## PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO DE MÉTODOS

Ya hemos dicho que, sin desechar otros medios para obtener mejoras, la simplificación busca las innovaciones deducidas analíticamente por medio de un método sistemático de ataque.

Este método consta de los siguientes pasos:

1. Seleccionar el trabajo que debe mejorarse.
2. Registrar los detalles del trabajo.
3. Analizar los detalles del trabajo.
4. Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo.
5. Adiestrar a los operarios en el nuevo método de trabajo.
6. Aplicar el nuevo método de trabajo.

Estudiaremos en forma detallada en qué consiste cada uno de estos pasos.

### SELECCIONAR EL TRABAJO QUE DEBE MEJORARSE

Como no pueden mejorarse al mismo tiempo todos los aspectos de trabajo de una empresa, la primera cuestión que debe resolverse es con qué criterio debe seleccionarse el trabajo que se quiere mejorar.

Esta selección debe hacerse:

1. Desde el punto de vista humano.
2. Desde el punto de vista económico.
3. Desde el punto de vista funcional del trabajo.

**1. Desde el punto de vista humano.** Los primeros trabajos cuyo método debe mejorarse son los de mayor riesgo de accidentes; por ejemplo, aquellos en los que se manipulen sustancias tóxicas, en donde haya prensas, máquinas de corte e instalaciones eléctricas.

**2. Desde el punto de vista económico.** En segundo lugar, se debe dar preferencia a los trabajos cuyo valor represente un alto porcentaje del costo del producto terminado, ya que las mejoras que se introduzcan, por pequeñas que sean, serán más beneficiosas que grandes mejoras aplicadas a otros trabajos de valor inferior.

También se deben elegir los trabajos repetitivos, pues por la poca economía que se consiga en cada uno, se logrará un resultado muy apreciable. Además, dentro de este tipo de trabajos se deben preferir a los de larga duración, los que ocupen máquinas de mayor valor, o sean manejadas por operadores mejor pagados.

**3. Desde el punto de vista funcional del trabajo.** Finalmente, se deben seleccionar los trabajos que constituyen “cuellos de botella” y retrasan el resto de la producción, y los trabajos clave de cuya ejecución dependen otros.

## REGISTRAR LOS DETALLES DEL TRABAJO

Para poder mejorar un trabajo, debemos saber exactamente en qué consiste. Excepto en el caso de trabajos muy simples y cortos, rara vez conocemos todos los aspectos de un trabajo; por ello, debemos registrarlos por observación directa, es decir, no podemos confiar en nuestra buena memoria. En este registro los detalles deben redactarse en forma clara y concisa.

No hay que perder de vista que el registro de todos los hechos y detalles del trabajo se hace con fines de análisis y no sólo para obtener una historia o cuadro de cómo se están haciendo las cosas. Por lo tanto, el registro que se haga debe estar estructurado en forma tal que facilite el análisis; además, como los trabajos que se pueden seleccionar en una industria son procesos u operaciones, existen formas especiales diseñadas según el tipo de trabajo.

Para registrar el proceso de fabricación se utilizan los diagramas de proceso de operaciones, de proceso de flujo de recorrido y de hilos. Para el registro de las relaciones hombre-máquina en las estaciones de trabajo se emplean las formas llamadas diagramas hombre-máquina y de proceso de grupo (cuadrillas); por su parte, para registrar las operaciones que ejecutan los trabajadores se usa el diagrama de proceso bimanual (mano izquierda-mano derecha).

## ANALIZAR LOS DETALLES DEL TRABAJO

Una vez registrados todos los detalles de que consta el trabajo, el siguiente paso es analizarlo para ver qué acciones se pueden tomar.

Para poder analizar un trabajo en forma completa, el estudio de métodos utiliza una serie de preguntas que deben hacerse sobre cada detalle con el objeto de justificar existencia, lugar, orden, persona y forma en que se ejecuta.

Las preguntas a que nos referimos y la forma de usarlas es la siguiente:

¿Por qué existe cada detalle? ¿Para qué sirve cada uno de ellos?

La respuesta a estas dos preguntas nos justifica el propósito de cada detalle; esto es, nos explica la razón de su existencia. Si estas preguntas no pueden contestarse razonablemente, no es necesario seguir analizando el detalle, pues es ilógico pensar que si no se justifica su existencia pueden justificarse las circunstancias bajo las cuales se ejecuta.

Suponiendo que estas preguntas pudieran contestarse razonablemente, ahora debemos contestarnos:

¿Dónde debe hacerse el detalle?

¿Cuándo debe ejecutarse el detalle?

¿Quién debe hacer el detalle?

La primera pregunta nos lleva a pensar y a investigar si el lugar, la máquina, etcétera, en que se hace el trabajo, es la más conveniente.

La segunda pregunta nos conduce a investigar el tiempo; es decir, si el orden y la secuencia en que se ejecutan los detalles es el más adecuado.

La tercera pregunta nos hace pensar e investigar si la persona que está ejecutando el detalle es la más indicada.

Después de justificar el lugar, secuencia y persona, debemos demostrar que la forma en que se está haciendo el detalle es la más correcta. Por lo tanto, debemos contestarnos la cuarta pregunta:

¿Cómo se ejecuta el detalle? Esta pregunta nos llevará a buscar una mejor forma de hacerlo.

Esta serie de cuestionamientos nos proporciona la forma de sistematizar la actitud inquisitiva característica del estudio del método.

Sin embargo, es muy difícil que la persona que hace el análisis conozca las respuestas a todas las preguntas sin consultar con otras personas. En este punto es donde debe manifestarse otra de las características de la simplificación que es la de tener una mentalidad abierta y receptiva para toda aquella información que se pueda obtener ya sea mediante la observación o la comunicación.

Además de este criterio estrictamente analítico, el estudio del método exige que, con base en esta mentalidad, se:

- Investiguen las causas, no los efectos.
- Registren los hechos, no las opiniones.
- Tomen en cuenta las razones, no las excusas.

## DESARROLLAR UN NUEVO MÉTODO PARA HACER EL TRABAJO

Para desarrollar un método mejor para ejecutar el trabajo, es necesario considerar las respuestas obtenidas, las que nos pueden conducir a tomar las siguientes acciones.

**Eliminar.** Si las primeras preguntas *por qué* y *para qué* no pudieron contestarse en forma razonable, quiere decir que el detalle bajo análisis no se justifica y debe ser eliminado.

**Cambiar.** Las respuestas a las preguntas *cuándo*, *dónde* y *quién* pueden indicar la necesidad de cambiar las circunstancias de lugar, tiempo y persona en que se ejecuta el trabajo. Es decir, buscar un lugar más conveniente, un orden más adecuado o una persona más capacitada.

**Cambiar y reorganizar.** Si surge la necesidad de cambiar algunas de las circunstancias bajo las cuales se ejecuta el trabajo, generalmente será necesario modificar algunos detalles y reorganizarlos para obtener una secuencia más lógica.

**Simplificar.** Todos aquellos detalles que no hayan podido ser eliminados, posiblemente puedan ser ejecutados en una forma más fácil y rápida. La respuesta a la cuarta pregunta nos llevará a simplificar la forma de ejecución.

Para lograr la mejor forma de ejecutar los detalles se ha elaborado una serie de reglas de aplicación práctica, llamadas principios de economía de movimientos, los cuales deben ser observados en la ejecución en los trabajos, cuyo objetivo es utilizar de la manera más eficiente los movimientos del cuerpo humano, obtener una mejor distribución del área de trabajo y llevar a cabo un mejor diseño de las herramientas.

## ADIESTRAR A LOS OPERADORES EN EL NUEVO MÉTODO DE TRABAJO

Antes de implementar una mejora es necesario tener la seguridad de que la solución es práctica de acuerdo con las condiciones de trabajo en que va a operar. Para no olvidar nada se debe hacer una revisión final de la idea, la cual debe incluir como partes fundamentales todos los aspectos económicos y de seguridad, así como otros factores tales como calidad del producto, cantidad de producto fabricado, etcétera.

Si una vez analizados estos aspectos se considera que la proposición es buena y funcionará en la práctica, es necesario determinar si afectará a otros departamentos o personas. En caso afirmativo, hay que tener mucho cuidado de vigilar todos los aspectos humanos y psicológicos, pues generalmente son de mayor importancia y trascendencia que los otros.

Si se logra el entendimiento y la cooperación del personal, disminuirán enormemente las dificultades de implantación y se asegurará el éxito del emprendimiento. Recuérdese que la cooperación no se puede exigir, se tiene que ganar.

Los intereses de los individuos afectados favorable o desfavorablemente por una modificación deben tenerse siempre presente. Por lo tanto, es conveniente:

- Mantener informado al personal antes de implantar los cambios que lo afectarán.
- Tratar al personal con la deferencia y dignidad que merece su calidad de persona humana.
- Promover que todos aporten sugerencias.
- Reconocer la participación de quien lo merezca.
- Ser honesto en el empleo de las sugerencias ajenas.
- Explicar las razones del rechazo de alguna sugerencia.
- Hacer sentir al personal que forma parte del esfuerzo común por mejorar las condiciones de trabajo de la fábrica.

## APLICAR EL NUEVO MÉTODO DE TRABAJO

Después de tener en cuenta todos los pasos anteriores, se pone en práctica el nuevo método de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Lasheras, José Ma. Esteban, *Tecnología de la organización industrial*, tomo 1, Cedel, 1985.  
 Niebel, *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfaomega, 1990.  
 OIT, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.  
 Treviño Uribe, Jaime, *Apuntes de ingeniería industrial*, ITESM, México.

## Diagramas de procesos

...subieron a caballo y sin tomar camino (por ser muy de caballeros andantes el no tomar ninguno cierto) se pusieron a caminar por donde la voluntad de Rocinante quiso...

Miguel de Cervantes Saavedra

¿Por qué el hombre utiliza los símbolos?

Para contestar esta pregunta es necesario considerar la naturaleza del hombre. Desde un principio, el hombre ha sido un hacedor de símbolos y herramientas que utiliza para perpetuar su existencia y entender su razón de ser. Su primera herramienta, por supuesto, ha sido el lenguaje, sin lugar a duda su más grande invención. Los símbolos ayudan al hombre a simplificar su existencia, pues comunican a otros hombres las más complejas ideas y experiencias.

### OBJETIVOS

- Definir qué es un diagrama de procesos.
- Elaborar diagramas de procesos con sus características fundamentales.
- Identificar las principales características y utilidades de los diferentes diagramas.
- Reconocer todos los símbolos y emplearlos según el tipo de diagrama que deba elaborar.

## DIAGRAMA DE PROCESOS: OBJETIVOS Y ALCANCES

Para mejorar un trabajo se debe saber exactamente en qué consiste y, excepto en el caso de trabajos muy simples y cortos, rara vez se tiene la certeza de conocer todos los detalles de la tarea. Por lo tanto, se deben observar todos los detalles y registrarlos. De esta forma se inicia

el estudio de las diferentes técnicas que sirven para registrar y analizar cada uno de los niveles del trabajo mencionados.

## REGISTRO Y ANÁLISIS DEL PROCESO

El análisis de los procesos trata de eliminar las principales deficiencias existentes en ellos y lograr la mejor distribución posible de la maquinaria, equipo y área de trabajo dentro de la planta.

Para lograr estos propósitos, la simplificación del trabajo se apoya en dos diagramas: el diagrama de procesos y el diagrama de flujo o circulación.

### DIAGRAMA DE PROCESOS

(Esta herramienta de análisis es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; además, incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.)

Con fines analíticos y como ayuda para descubrir y eliminar ineficiencias, es conveniente clasificar las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco categorías, conocidas bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes. Las definiciones incluidas en la figura 5.1 cubren el significado de estas categorías en la mayoría de las condiciones encontradas en los trabajos de diagramado de procesos. Hay más ejemplos de ellos en la figura 5.2.

**Figura 5.1** Acciones que tienen lugar durante un proceso dado.

| ACTIVIDAD         | DEFINICIÓN                                                                                                                                                                                                                                  | SÍMBOLO |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Operación:</b> | Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando da o se recibe información o se planea algo. |         |
|                   | Ejemplos:<br>Tornear una pieza, tiempo de secado de una pintura, cambio en un proceso, apretar una tuerca, barrenar una placa, dibujar un plano, etcétera.                                                                                  |         |



| ACTIVIDAD                   | DEFINICIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | SÍMBOLO |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>Transporte:</b>          | <p>Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.</p> <p>Ejemplos:<br/>Mover material a mano, en una plataforma en monorriel, en banda transportadora, etcétera. Si es una operación tal como pasteurizado, un recorrido en un horno, etcétera, los materiales van avanzando sobre una banda y no se consideran como transporte.</p>         |         |
| <b>Inspección:</b>          | <p>Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualesquiera de sus características.</p> <p>Ejemplos:<br/>Revisar las botellas que salen de un horno, pesar un rollo de papel, contar cierto número de piezas, leer instrumentos medidores de presión, temperatura, etcétera.</p>                                                                                       |         |
| <b>Demora:</b>              | <p>Ocurre cuando se interfiere el flujo de un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente paso planeado.</p> <p>Ejemplos:<br/>Esperar un elevador, o cuando una serie de piezas hace cola para ser pesada o hay varios materiales en una plataforma esperando el nuevo paso del proceso.</p>                                                                                                                                       |         |
| <b>Almacenaje:</b>          | <p>Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.</p> <p>Ejemplos:<br/>Almacén general, cuarto de herramientas, bancos de almacenaje entre las máquinas. Si el material se encuentra depositado en un cuarto para sufrir alguna modificación necesaria para el proceso, no se considera almacenaje sino operación; tal sería el caso de curar tabaco, madurar cerveza, etcétera.</p> |         |
| <b>Actividad combinada:</b> | <p>Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo. Los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.</p>                                                                                                                                                                                                      |         |

En la figura 5.2 se presentan otros símbolos para designar ciertas acciones.

**Figura 5.2** Otra clasificación de acciones que tienen lugar durante un proceso determinado.

| SÍMBOLOS PARA ELABORAR DIAGRAMAS DE PROCESO<br>CON EJEMPLOS DE TRABAJO DE OFICINA Y DE TALLER                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     |                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|
| SÍMBOLO                                                                                                      | EJEMPLOS Y EXPLICACIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                     |                                         |
|                                                                                                              | Envoltura de la pieza                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Taladrar agujero                    | Mecanografiar cartas                    |
| <b>Operación</b><br>        | Son las etapas principales del proceso. Se crea, se cambia o se añade algo. Normalmente los transportes, demoras y almacenamientos son elementos más o menos auxiliares. Las operaciones implican actividades tales como conformación, embutido, montaje y desmontaje.                                                                                                          |                                     |                                         |
|                                                                                                              | Mover material en camión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Personas que se mueven en un camión | Mover el material llevándolo en la mano |
| <b>Transporte</b><br>       | Es el movimiento del material, personal u objeto de estudio desde una posición o situación a otra. Cuando los materiales se almacenan cerca o a menos de un metro del banco o de la máquina donde se efectúa la operación, el movimiento que se realiza para obtener el material antes de la operación, y para depositarlo después de ella, se considera parte de la operación. |                                     |                                         |
|                                                                                                              | Examen de calidad y cantidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Revisión de la precisión            | Comprobación para obtener datos         |
| <b>Inspección</b><br>     | Se produce cuando la calidad y cantidad de los artículos son comprobadas, verificadas, revisadas o examinadas, sin que sufran ningún cambio.                                                                                                                                                                                                                                    |                                     |                                         |
|                                                                                                              | Material de "entrada"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Persona que espera turno            | En espera de firma                      |
| <b>Demora</b><br>         | Se produce cuando las condiciones no permiten o no requieren una ejecución inmediata de la próxima acción planificada. La demora puede ser evitable o inevitable.                                                                                                                                                                                                               |                                     |                                         |
|                                                                                                              | Retención de una orden en el archivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Material en almacén                 | Archivado para referencia permanente    |
| <b>Almacenamiento</b><br> | Se produce cuando algo permanece en un sitio sin ser trabajado o en proceso de elaboración, en espera de una acción en fecha posterior. El almacenamiento puede ser temporal o permanente.                                                                                                                                                                                      |                                     |                                         |

**Figura 5.3** Una clasificación más de acciones que tienen lugar durante un proceso determinado.

| ACTIVIDAD  | SÍMBOLO                                                                           | RESULTADO PREDOMINANTE                     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Operación  |  | Se produce o efectúa algo.                 |
| Transporte |  | Se cambia de lugar o se mueve.             |
| Inspección |  | Se verifica calidad o cantidad.            |
| Demora     |  | Se interfiere o retrasa el paso siguiente. |
| Almacenaje |  | Se guarda o protege.                       |

Hay ocasiones en que el paso o evento no puede ser fácilmente clasificado en una de dichas actividades. La lista incluida en la figura 5.3 permite determinar su clasificación en las actividades adecuadas.

### *Diagrama del proceso de operación*

El **diagrama del proceso de operación** es la representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales; además, puede comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis; por ejemplo, el tiempo requerido, la situación de cada paso o si los ciclos de fabricación son los adecuados.

Los objetivos de este diagrama son proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Por lo tanto, permite estudiar las fases del proceso en forma sistemática o mejorar la disposición de los locales y el manejo de los materiales con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos y estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo. Además, otorga la posibilidad de estudiar las operaciones y las inspecciones interrelacionadas dentro de un mismo proceso. Los diagramas del proceso de la operación difieren ampliamente entre sí a consecuencia de las diferencias entre los procesos que representan. Por lo tanto, es práctico utilizar sólo formularios impresos que faciliten escribir la información de identificación. Los diagramas del proceso de la operación se hacen sobre papel blanco, de tamaño suficiente para este propósito.

Cualquier diagrama debe reconocerse por medio de la información inserta en su parte superior. Si el papel tiene que ser doblado para ser archivado, la información necesaria debe también colocarse como mejor convenga para su localización. Es práctica común encabezar la información que distingue a estos diagramas con la frase **diagrama del proceso de operación**.

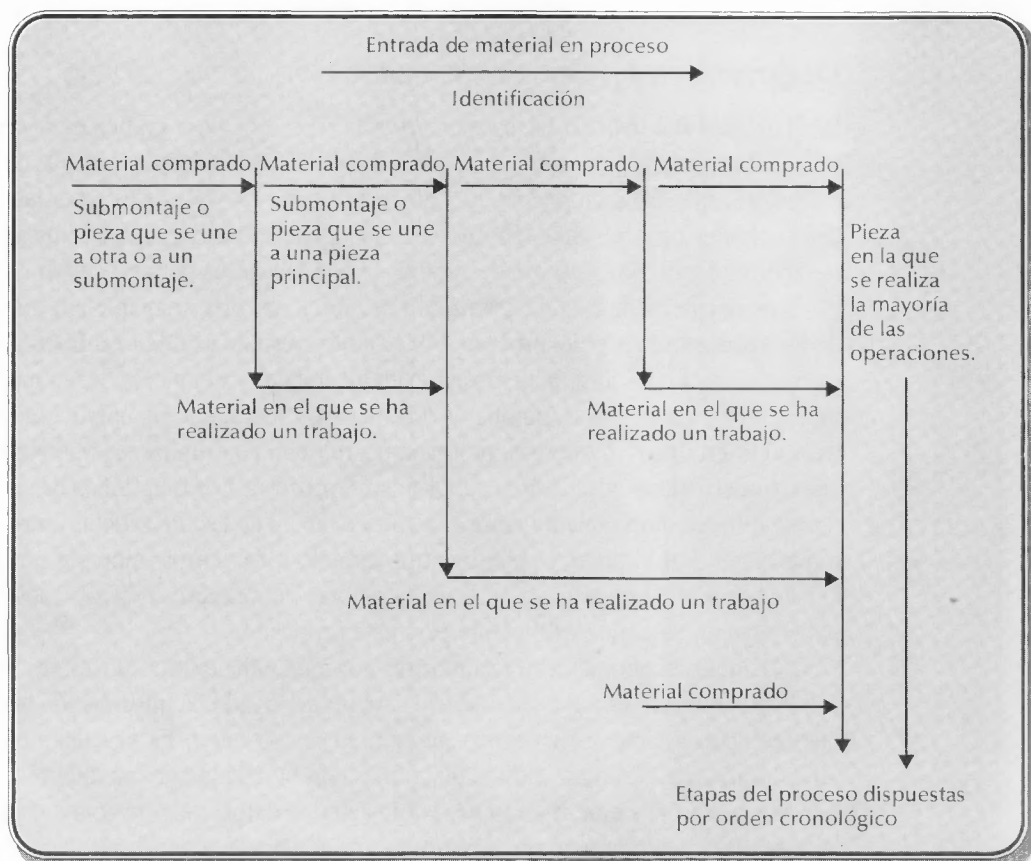
Sin embargo, siempre serán necesarios ciertos datos: método actual o método propuesto; número del plano, número de la pieza u otro número de identificación; fecha de elaboración

Figura 5.4 Formulario de diagrama.

|                  |  |              |       |
|------------------|--|--------------|-------|
| Fábrica:         |  |              |       |
| Edificio:        |  | Situación:   |       |
| Departamento:    |  |              |       |
| Diagrama número: |  |              |       |
| Hoja número:     |  | de           | hojas |
| Aprobado por     |  | Revisado por |       |

del diagrama y nombre de la persona que lo hizo. La información adicional que a veces es valiosa para fines de reconocimiento es la que se presenta en la figura 5.4.

El orden en que deben realizarse las acciones indicadas en el diagrama está representado por la disposición de los símbolos ya expuestos en líneas verticales de recorrido. El material comprado o sobre el cual se efectúa trabajo durante el proceso, que se indica con líneas horizontales, es el material que alimenta las líneas verticales de recorrido. La figura 5.5 es una representación gráfica de este principio.



**Figura 5.5**  
Representación gráfica del principio de elaboración de diagramas del proceso de operación.

Se selecciona, en primer lugar, para fines de diagramado, una de las piezas que va a formar parte del producto terminado.

Generalmente se obtendrá un diagrama de aspecto más agradable si se escoge el componente en el que se realiza el mayor número de operaciones. Si el diagrama va a ser utilizado como base para disponer una línea de montaje progresivo, la pieza que debe escogerse es la que tenga mayor tamaño y en la que se montan las piezas más pequeñas.

Cuando haya sido escogido el componente que debe ser diagramado en primer lugar se traza una línea de material horizontalmente en la parte superior derecha del diagrama, arriba de la cual se anota una descripción del material. Ésta puede ser tan completa como se estime necesario. Por lo general, basta una breve descripción: "chapa de acero, calibre 20" o "barra hexagonal latón de 12.7 mm". A continuación se traza una línea vertical de recorrido desde el extremo derecho de la línea horizontal de material. Aproximadamente a 6.35 mm de la intersección de la línea horizontal de material con la línea vertical de recorrido, se dibuja el símbolo que representa la primera operación o inspección que se lleve a cabo. A la derecha de este símbolo se anota una breve descripción de la acción: "taladrar, torneear y cortar" o "inspeccionar material para descubrir defectos". A la izquierda del símbolo se anota el tiempo concedido para llevar a cabo el trabajo requerido.

Este procedimiento de diagramado se continúa hasta que otro componente se une al primero. Entonces se traza una línea de material para indicar el punto en donde el segundo componente entra en proceso. Si el material es comprado, se debe anotar directamente sobre la línea de material una descripción breve para identificarlo.

Las operaciones se enumeran correlativamente, para fines de identificación y referencia, en el orden en que son diagramadas. La primera operación se enumera 01, la segunda 02 y así sucesivamente. Cuando otro componente en el que se ha realizado algún trabajo se introduce en el proceso, las operaciones llevadas a cabo en él se numeran en la misma serie (véase la figura 5.7).

### Problema 5.1

Trazar el diagrama de proceso de la operación.

Operaciones requeridas en el eje:

1. Cepillar, torneear, muescar y cortar en torno revólver (0.025 h).
2. Cepillar extremo opuesto (0.010 h).

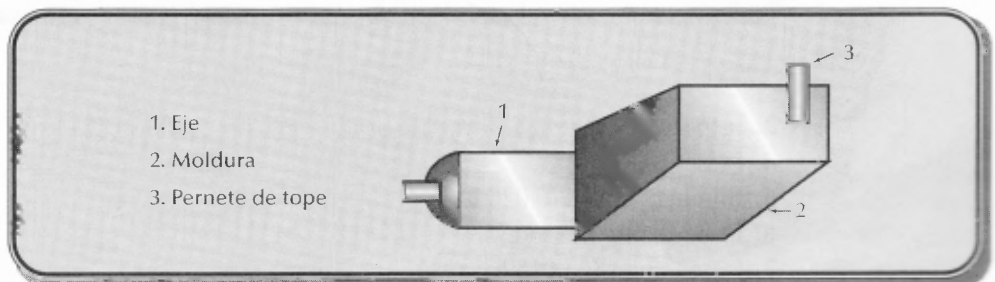
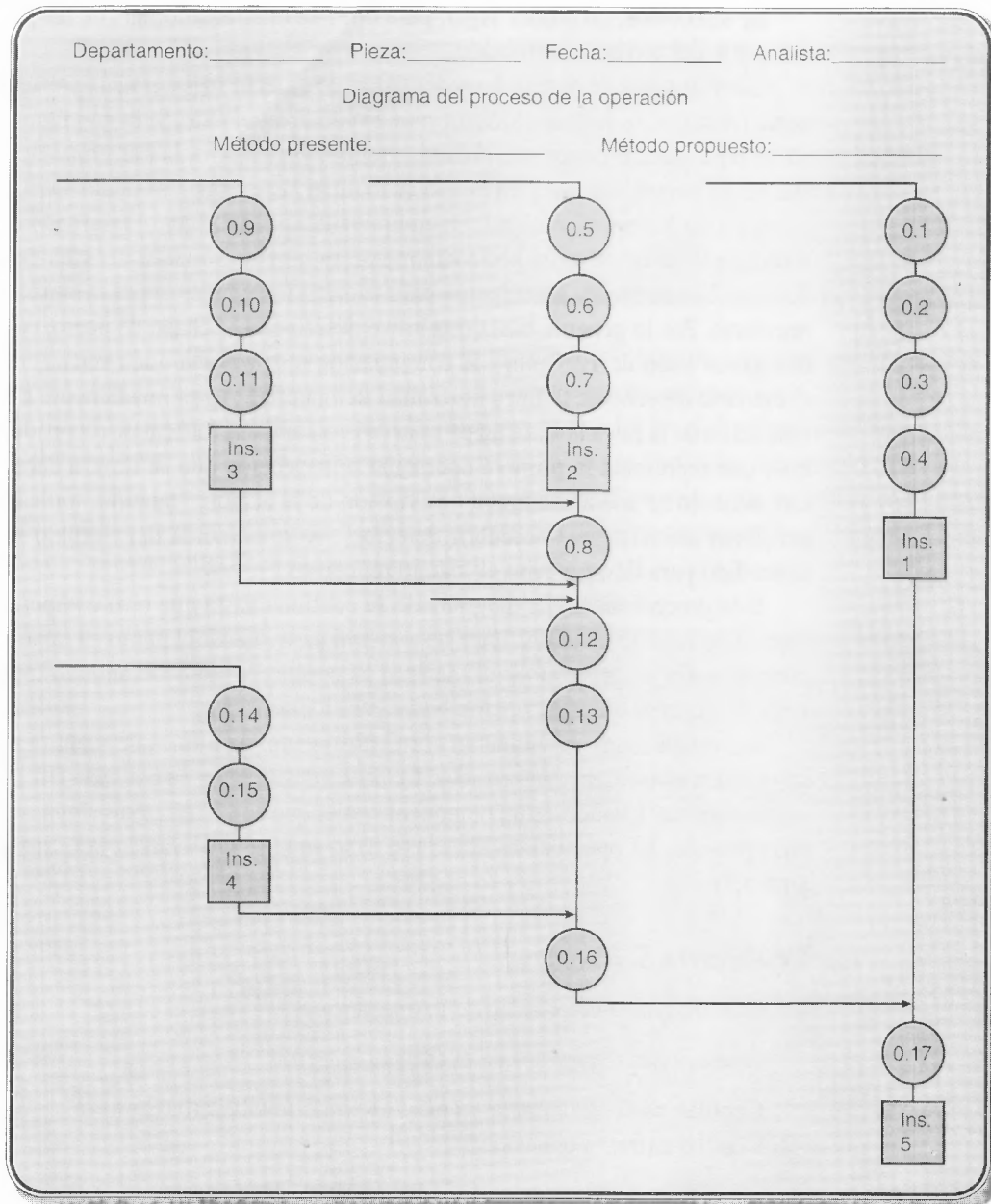


Figura 5.6  
Problema 5.1



**Figura 5.7**  
Ejemplo  
de formato de  
numeración  
de las  
actividades.

3. Inspeccionar.
4. Fresar (0.070 h).
5. Eliminar rebaba (0.020 h).
6. Inspeccionar fresado.
7. Desengrasar (0.0015 h).



## EJERCICIO DE GRUPO

### *Análisis del proceso de fabricación*

#### **Problema 5.2**

Para ensamblar todas sus partes, esto es, tapa, botón, muela, tubo, cuerpo y resorte, una empresa fabricante de plumas atómicas emplea en su proceso de fabricación el método que se describe a continuación:

Para fabricar la tapa se emplea poliestireno pigmentado y en la primera operación de moldeo el tiempo unitario es de 0.050 min; después, para quitar rebaba el tiempo unitario es de 0.060 min. A todo este conjunto se denomina subensamble de tapa, que se envía a ensamble final.

Para fabricar el botón se emplea poliestireno pigmentado. Se realiza una sola operación de moldeo. El tiempo unitario es de 0.040 min. Se envía a ensamble final.

Para fabricar la muela se emplea poliestireno pigmentado. Se realiza una sola operación de moldeo, con un tiempo unitario de 0.040 min. La pieza terminada se envía a ensamble final. Para fabricar el tubo se emplea poliestireno natural. La primera operación que se realiza es extruir tubo, tarea que toma un tiempo unitario de 0.020 min.

Después se efectúa la operación cortar a tamaño, en la cual se emplea un tiempo unitario de 0.005 min. La pieza se envía a subensamble, en donde se reúne con los materiales de compra remache y tinta. Estos materiales se introducen en el tubo en la operación remachar punto y llenar tinta a tubo empleándose un tiempo unitario de 0.060 min. El conjunto se denomina subensamble de tubo y se envía a ensamble final.

El cuerpo se fabrica con poliestireno pigmentado; la primera operación es moldear, que emplea un tiempo unitario de 0.050 min. La siguiente operación es quitar rebaba, con un tiempo unitario de 0.040 min. La pieza terminada se envía a ensamble final.

La primera operación del ensamble final es armar tapa en donde se introducen los subensambles de tapa, botón y muela. Esta operación se efectúa en 0.020 min. La segunda operación se denomina ensamble de pluma, fase en la cual se introducen al ensamble anterior el subensamble de tubo y cuerpo; para efectuar la operación se emplean 0.220 min.

La siguiente operación es efectuar prueba, en la que se emplea un tiempo unitario de 0.070 min. Se finaliza el proceso con la operación de empacar en un tiempo unitario de 0.070 min. La pluma ya empacada se envía al almacén de producto terminado.

Elabórese el diagrama de proceso de operación con base en la figura 5.9.

#### **Problema 5.3**

Elaboración del diagrama del proceso de operación de una manguera de hule.

La manguera está construida con un trozo de tubo de hule de 1.83 m de longitud, dos casquillos ya hechos que se adquieren y tres piezas mecanizadas. Estas piezas se ilustran en la figura 5.10. La manguera se denomina con *a*, los casquillos con *b*, con *c* una bayoneta hecha de un tubo de latón y con *d* y *e* dos piezas e inserciones hechas con una varilla de latón. Para el montaje definitivo, las piezas *c* y *d* se sueldan juntas, y con uno de los casquillos se mon-



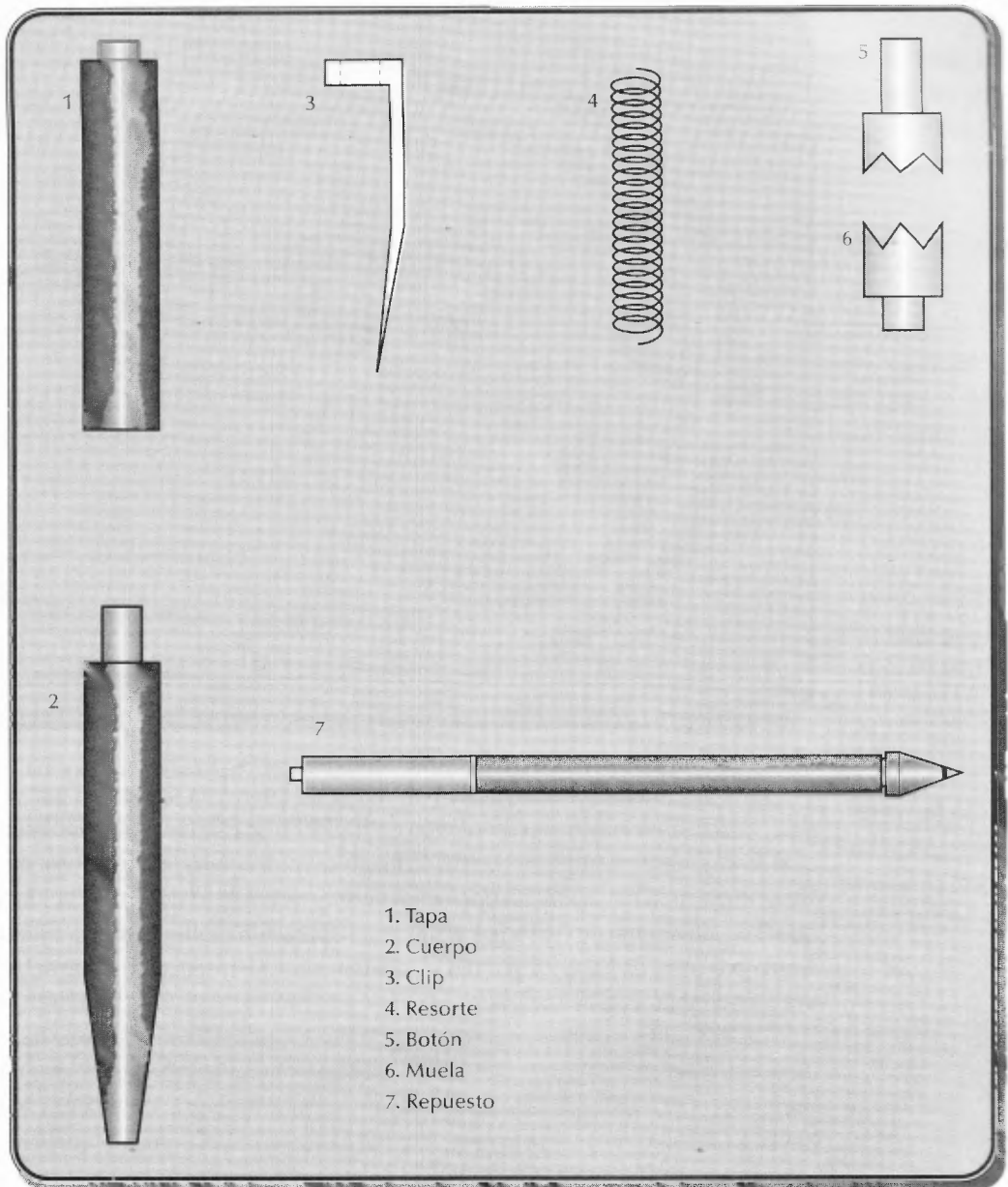
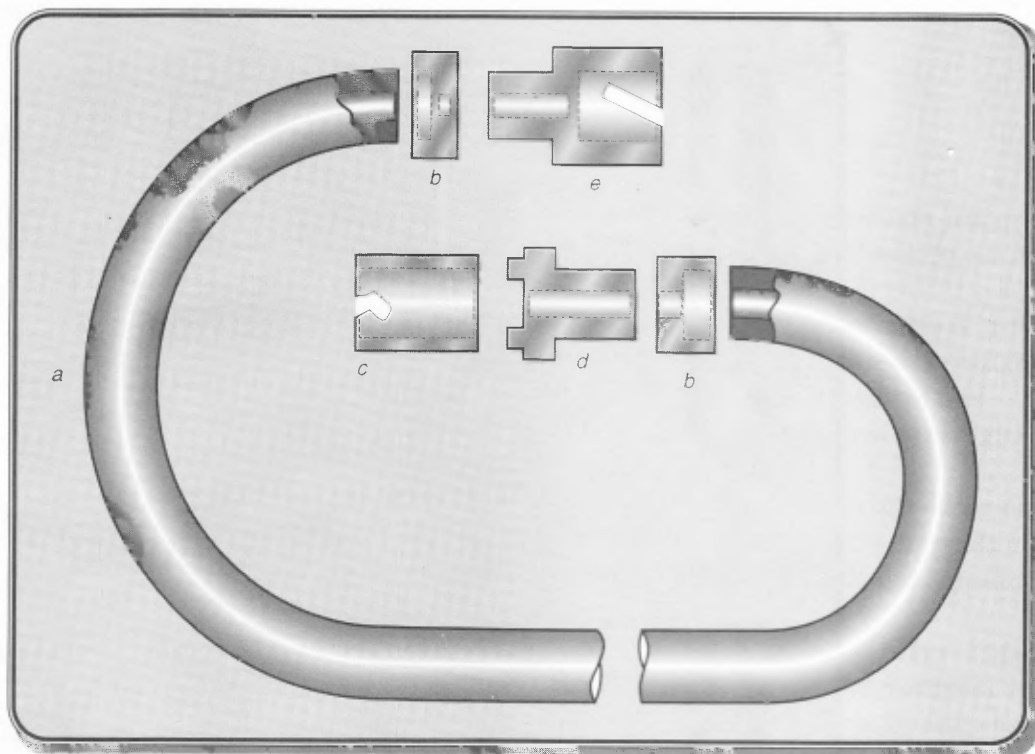


Figura 5.9  
Componentes  
de una pluma.

tan en un extremo de la manguera. La pieza *e* y el segundo casquillo se colocan en el otro extremo. El conjunto, una vez terminado, constituye una conexión flexible entre las dos partes de un inhalador.

La bayoneta *c* es de tubo de latón. La primera operación que se efectúa para elaborarla es escoriar y cortar; para esta operación se utilizó un tiempo de 0.0130 h. La siguiente operación es cortar ranura, tarea en la cual se utiliza un tiempo de 0.0044 h; después se inspecciona y se manda posteriormente a subensamblarse con la pieza *c*.



**Figura 5.10**  
Piezas de  
una manguera  
de caucho.

Esta inserción está compuesta por varilla de latón y la operación que se efectúa es moldear, taladrar y torneear, con un tiempo de 0.0340 h. La siguiente operación es rebabeear, en la cual se emplea un tiempo de 0.0010 h; luego se inspecciona la pieza y queda lista para el subensamblaje con la bayoneta. La operación de subensamblaje se denomina soldar tubo a inserción, que lleva un tiempo de 0.019 h. La siguiente operación es niquelar el conjunto, operación realizada por obreros pagados por día. A continuación se inspecciona este subensamblaje y se envía a ensamblar con la manguera.

La inserción *e* es de varilla de latón y las operaciones que se necesitan para su elaboración son taladrar, torneear y cortar, en los cuales se emplea un tiempo de 0.0470 h, fresar ranura en 0.0060 h, y rebabeear en 0.0060 h. Después de estas operaciones se inspecciona y se envía a niquelar; luego, las piezas ya niqueladas se inspeccionan y quedan listas para su ensamblaje con la manguera. La manguera *a* está hecha con tubo de hule: primero se inspecciona para que no tenga defectos, después se corta el largo necesario, operación que dura 0.0100 h. En un extremo de la manguera se monta la bayoneta previamente soldada con la inserción; para este montaje se usa uno de los casquillos comprados *b* y pegamento: en esta operación se utiliza un tiempo de 0.0400 h.

A continuación se monta en el otro extremo de la manguera la inserción con el segundo casquillo y se fija con pegamento, tarea que insume un tiempo de 0.0400 h.

Finalmente, se inspecciona la manguera ya terminada, antes de enviarla a la bodega. Todas las inspecciones se pagan por día. Elabórese el diagrama de proceso de operación.

## DIAGRAMA DE PROCESO DE FLUJO

Un **diagrama de proceso de flujo** es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis; por ejemplo, el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para representar las secuencias de un producto, un operario, una pieza, etcétera.

### Objetivos

El propósito principal de los diagramas de flujo es proporcionar una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso y mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales. También sirve para disminuir las esperas, estudiar las operaciones y otras actividades interrelacionadas. Igualmente, ayuda a comparar métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado.

### Identificación

El diagrama del recorrido debe identificarse mediante un título colocado en su parte superior. Es práctica común encabezarlo con las palabras *Diagrama del proceso de recorrido*. La información para identificarlo siempre es necesaria, como se muestra en la figura 5.11.

### Recomendaciones previas a la elaboración del diagrama de flujo

Obténgase un plano del lugar en donde se efectúe el proceso seleccionado, en el cual deben estar representados todos los elementos permanentes tales como muros, columnas, escaleras, etcétera, así como los semipermanentes, como hacinamientos de material, bancos de servicio, etcétera. En el mismo plano debe estar localizado, de acuerdo con su posición actual, to-

**Figura 5.11** Carátula de identificación de los diagramas de proceso de operación.

|                                                    |                                         |          |                                          |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|------------------------------------------|
| Asunto                                             | <u>diagramado</u>                       |          |                                          |
| Método                                             | <u>actual</u> o <u>método propuesto</u> |          |                                          |
| Número de plano,                                   | _____                                   |          |                                          |
| Número de la pieza u otro número de identificación | _____                                   |          |                                          |
| Fecha de diagramado                                | _____                                   |          |                                          |
| Diagramado por                                     | _____                                   |          |                                          |
| Fábrica                                            | _____                                   | Edificio | _____                                    |
| Departamento                                       | _____                                   |          |                                          |
| Número de diagrama                                 | _____                                   |          |                                          |
| Tipo de diagrama                                   | <u>Hombre</u> <input type="checkbox"/>  | o        | <u>Material</u> <input type="checkbox"/> |
| Hoja número                                        | _____                                   | de       | _____ hojas                              |
| Aprobado por                                       | _____                                   |          |                                          |

Figura 5.12

| ACTIVIDAD  | SÍMBOLO                                                                           | RESULTADO PREDOMINANTE                               |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Operación  |  | Se produce o se realiza algo.                        |
| Transporte |  | Se cambia de lugar o se mueve un objeto.             |
| Inspección |  | Se verifica la calidad o la cantidad del producto.   |
| Demora     |  | Se interfiere o se retrasa el paso siguiente.        |
| Almacenaje |  | Se guarda o se protege el producto o los materiales. |

do el equipo de manufactura, así como lugares de almacén, bancos de inspección y, si se requiere, las instalaciones de energía.

Igualmente, debe decidirse a quién se va a seguir: al hombre o al material, pero sólo a uno, que debe ser el mismo que se haya seguido en el diagrama del proceso. La simbología empleada se consigna en la figura 5.12.

*Nota:* El plano puede ser o no a escala, lo cual depende de los requerimientos para el análisis y de lo detallado del problema.

También puede suceder que al mismo tiempo que ocurre una operación se ejecute una inspección, en cuyo caso se usan los dos símbolos combinados. Por ejemplo, retirar la pieza de una máquina e inspeccionarla simultáneamente o al producir una pieza, verificar al mismo tiempo algunas de sus características (figura 5.12).



Éste sería el símbolo que se debe emplear.

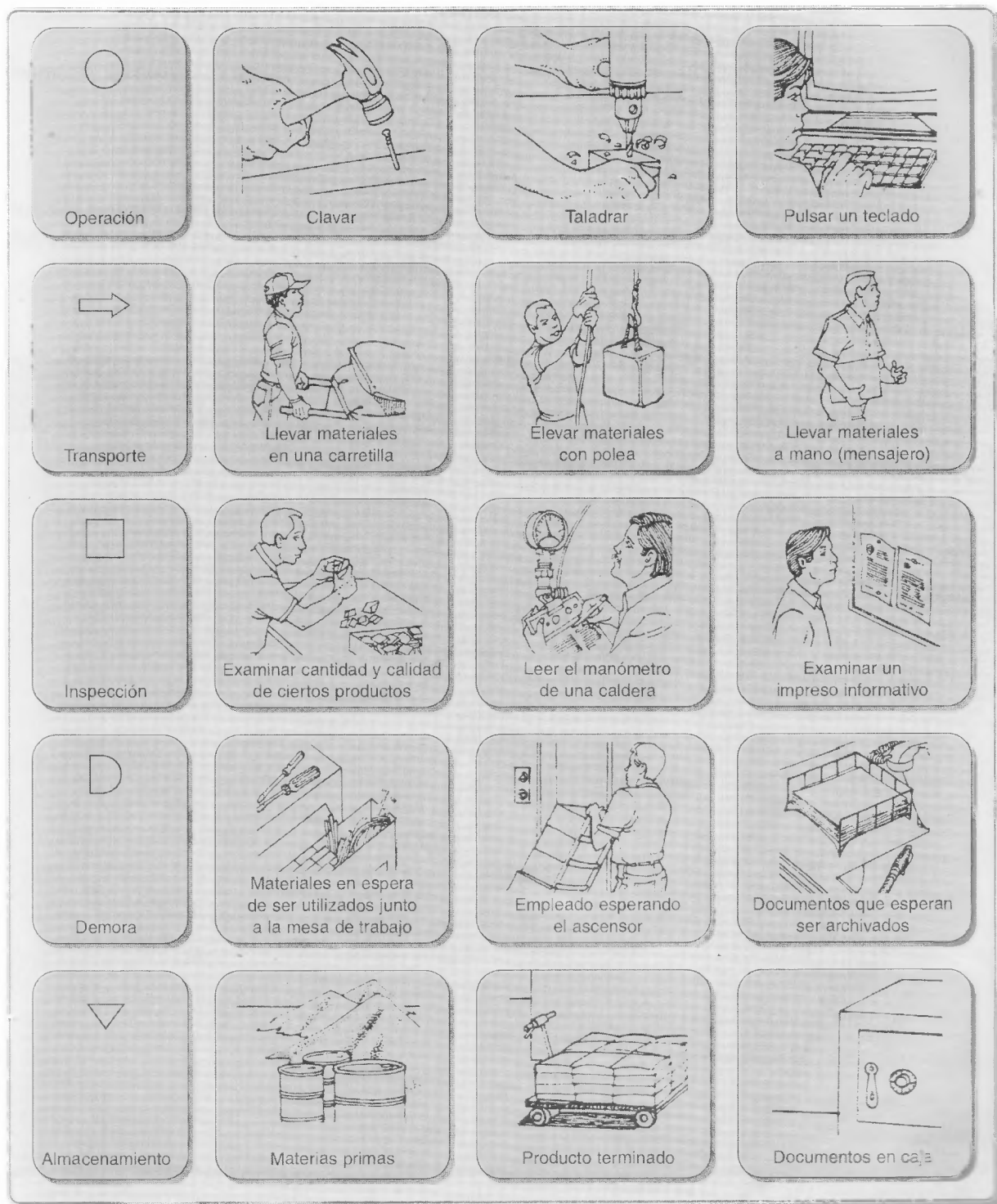
## CÓMO CONSTRUIR EL DIAGRAMA DE FLUJO

La elaboración del diagrama de flujo es sumamente fácil e interesante. Se trata de unir con una línea todos los puntos en donde se efectúa una operación, un almacenaje, una inspección o alguna demora, de acuerdo con el orden natural del proceso.

Esta línea representa la trayectoria usual que siguen los materiales o el operador que los procesa, a través de la planta o taller en donde se lleva a cabo, tal como se observa en la figura 5.13.

Una vez terminado el diagrama de flujo podemos darnos cuenta del transporte de un objeto o el itinerario que siguió algún operador durante determinado proceso. Este transporte o itinerario, aun en lugares pequeños, llega a ser algunas veces de muchos kilómetros por día, que sumados anualmente representan una pérdida considerable en tiempo, energía y dinero.

Figura 5.13 Los símbolos y su referencia con actividades concretas.



Cuando se sospecha que se realiza un número muy grande de transportes, almacenamientos y demoras en un proceso, es necesario elaborar un diagrama de proceso del recorrido con el fin de visualizar y reducir el número y así disminuir costos.

Este diagrama se realiza generalmente donde tenemos una parte o componente de ensamble general en fabricación.

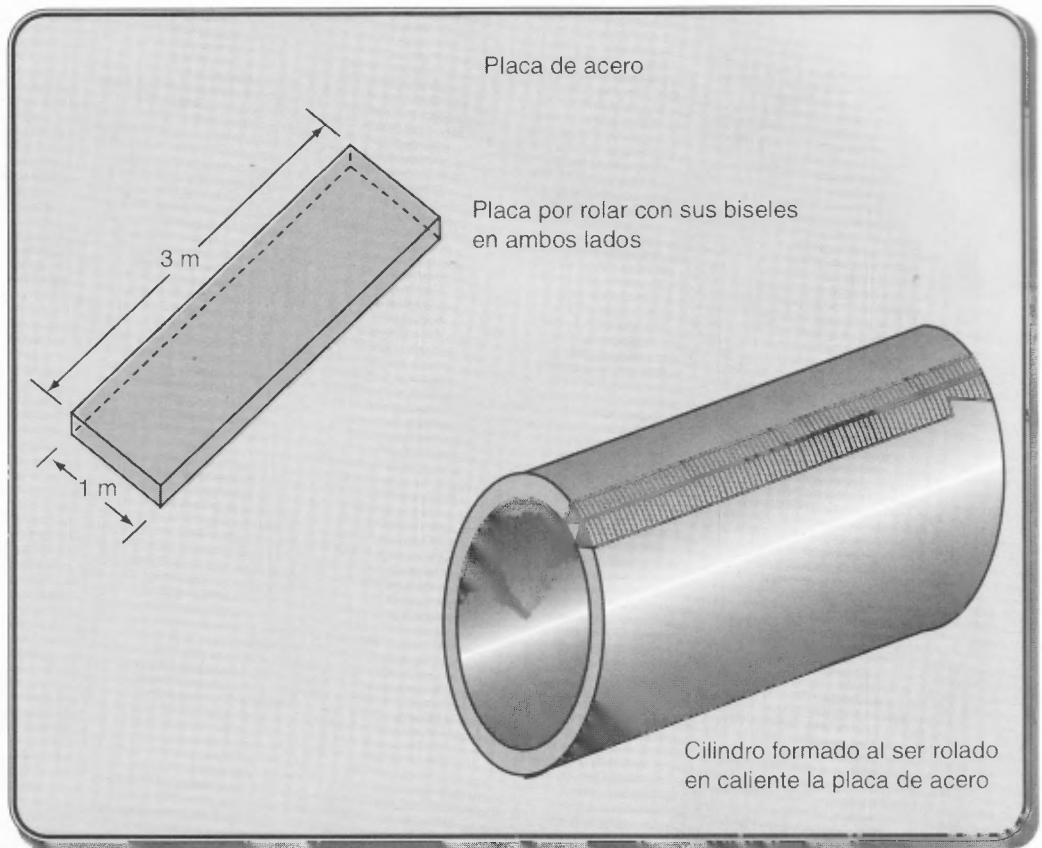
### **Problema 5.4**

En una fábrica de calderas se rolan placas de acero en caliente para formar cilindros, que posteriormente serán ensamblados y constituirán un domo. Los eventos que se llevan a cabo para rolar y formar los cilindros se presentan en la figura 5.14.

**Figura 5.14.**

| <b>EVENTOS</b>                                                            | <b>TIEMPO EN CENTÉSIMAS DE MINUTO</b> | <b>DISTANCIA EN METROS</b> |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| Abrir el horno de calentar placas                                         | 55                                    | —                          |
| Sacar del horno una placa al rojo vivo con carro transportador            | 30                                    | —                          |
| Sujetar la placa por mordazas de grúa viajera                             | 40                                    | —                          |
| Inspeccionar temperatura con pirómetro óptico                             | 50                                    | —                          |
| Transportar con grúa viajera a máquina cerchadora                         | 20                                    | 55                         |
| Retirar ladrillos refractarios de la parte superior de la placa           | 28                                    | —                          |
| Comenzar a doblar sólo que los dados de la máquina cerchadora se trabaron | 75                                    | —                          |
| Destrabar dados de la máquina cerchadora                                  | 85                                    | —                          |
| Girar la placa                                                            | 85                                    | —                          |
| Efectuar el cerchado del otro extremo de la placa                         | 80                                    | —                          |
| Transportar la placa a la roladora                                        | 24                                    | 25                         |
| Inspeccionar la temperatura                                               | 54                                    | —                          |
| Rolar la placa para formar cilindros                                      | 300                                   | —                          |
| Desmontar rodillo superior y sacar el cilindro ya formado                 | 40                                    | —                          |
| Colocar nuevamente el rodillo en roladora                                 | 63                                    | —                          |
| Transportar con grúa viajera                                              | 45                                    | 180                        |
| Almacenamiento temporal en zona despejada                                 |                                       |                            |

\* Véanse figuras 5.15 y 5.16.



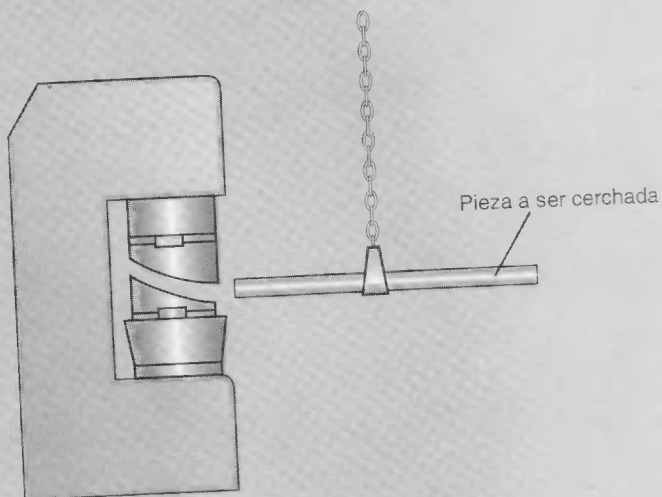
**Figura 5.15**  
Procesos  
de rolado de  
placas.

### *Diagrama de circulación*

El **diagrama de circulación** es una modalidad del diagrama del proceso del recorrido que se utiliza para complementar el análisis del proceso. Se elabora con base en un plano a escala de la fábrica, en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas; sobre este plano se dibuja la circulación del proceso, utilizando los mismos símbolos empleados en el diagrama del proceso de recorrido.

En la figura 5.21 del problema 5.7 se hace un trazado del diagrama de recorrido del proceso de fabricación de un cinturón 3/4 para vestido modelo 81-20. El artículo está señalado en el diagrama de proceso de recorrido (véase la figura 5.21).

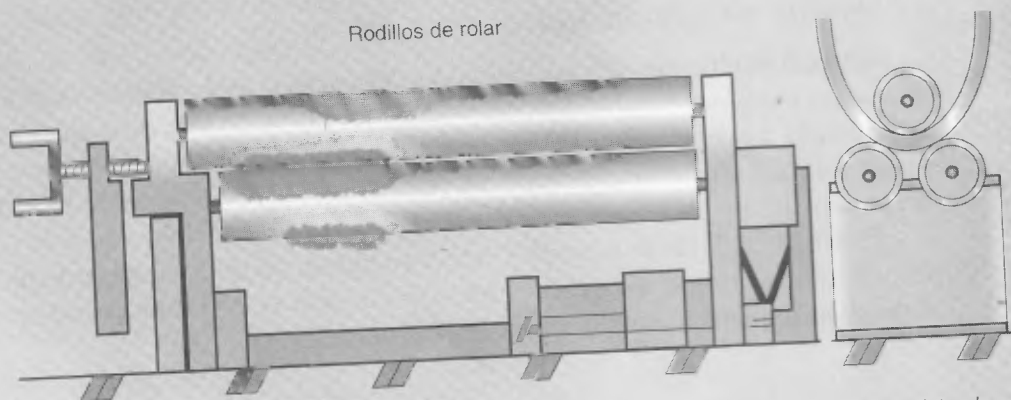
Máquina cerchadora



Nota: El cerchado consiste en curvar la placa en ambos extremos de los biseles antes de rolarlos

Placa en el proceso de ser rolada

Rodillos de rolar



Vista frontal de máquina roladora

Vista lateral

Figura 5.16  
Equipo utilizado.



Tabella 5.17.

Producción anual: \_\_\_\_\_

| Descripción del método actual                   | Operación | Inspección | Transporte | Demora | Almacenaje | Distancia en metros | Cantidad | Tiempo |
|-------------------------------------------------|-----------|------------|------------|--------|------------|---------------------|----------|--------|
| Se abre horno                                   | 01        |            |            |        |            |                     |          | 55     |
| Cargar carro transportador con placa            | 02        |            |            |        |            |                     |          | 30     |
| Sujetar placa a grúa                            | 03        |            |            |        |            |                     |          | 40     |
| Inspeccionar con pirómetro óptico               | 01        |            |            |        |            |                     |          | 50     |
| Transportar con grúa viajera                    |           |            | 01         |        |            | 55                  |          | 20     |
| Retirar ladrillo refractario de la placa        | 04        |            |            |        |            |                     |          | 28     |
| Se traban dados de cerchado                     |           |            |            | 01     |            |                     |          | 75     |
| Destrabar dados de cerchadora                   | 05        |            |            |        |            |                     |          | 85     |
| Girar placa                                     | 06        |            |            |        |            |                     |          | 85     |
| Cerchar el otro extremo de la placa             | 07        |            |            |        |            |                     |          | 80     |
| Transportar la placa a máquina rolada           |           |            | 02         |        |            | 25                  |          | 24     |
| Inspeccionar temperatura                        |           | 02         |            |        |            |                     |          | 54     |
| Rolar la placa para formar cilindros            | 08        |            |            |        |            |                     |          | 300    |
| Desmontar cilindro superior para sacar cilindro | 09        |            |            |        |            |                     |          | 40     |
| Colocar nuevamente rodillo en roladora          | 10        |            |            |        |            |                     |          | 63     |
| Transportar con grúa viajera                    |           |            | 03         |        |            | 180                 |          | 45     |
| Almacenamiento temporal en zona despejada       |           |            |            |        | 01         |                     |          |        |
|                                                 |           |            |            |        |            |                     |          |        |
|                                                 |           |            |            |        |            |                     |          |        |
|                                                 |           |            |            |        |            |                     |          |        |
|                                                 |           |            |            |        |            |                     |          |        |

### Problema 5.5

El operador toma la harina del costal y la coloca en la tolva para eliminar impurezas; luego la traslada a un mezclador donde le agrega azúcar, sal, mantequilla, leche, huevos y polvo para hornear, hace la mezcla y la manda al área de rellenado donde la masa se estira se corta y se rellena. Se inspecciona la masa y se envía a hornear; posteriormente se lleva a enfriar y se le coloca el empaquetado; el relleno está constituido por jitomate y cebolla y demás ingredientes. Elabore el diagrama de recorrido actual y propuesto.

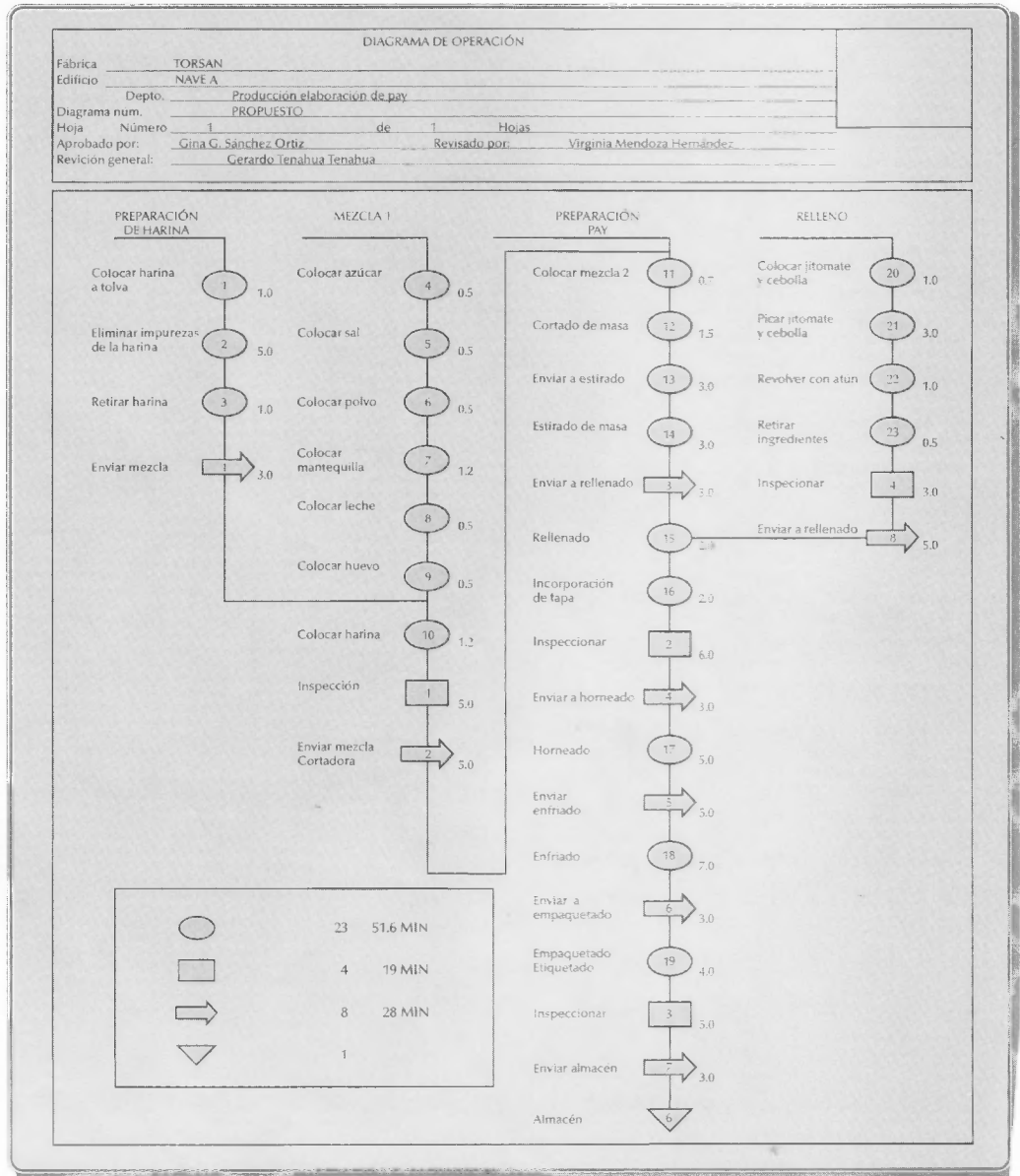


Figura 5.18  
Solución.

| DIAGRAMA DE FLUJO                   |                                                         |            |            |                         |                |               |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|------------|-------------------------|----------------|---------------|
| Nombre del proceso                  | ELABORACIÓN DE PAY                                      |            |            | Diagrama ACTUAL         |                |               |
| Plano                               | Pieza                                                   | Material   |            | Departamento PRODUCCIÓN |                |               |
| Hombre                              | Producción                                              |            |            |                         |                |               |
| Se inicia en                        |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Se termina en                       |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Hecho por:                          | Cina Grissel Sanchez Ortiz y Virginia Mendoza Hernández |            |            |                         |                |               |
| Revisión general:                   | Gerardo Tenahua Tenahua                                 |            |            |                         |                |               |
| DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ACTUAL       | Operación                                               | Inspección | Transporte | Demora                  | Almacenamiento | OBSERVACIONES |
| PREPARACION DE HARINA               |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar harina en tolva             |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Eliminar impurezas de la harina     |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Retirar harina                      |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Inspección                          |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar a mezcla 1                   |                                                         |            |            |                         |                |               |
| MEZCLA 1                            |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar azúcar                      |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar sal                         |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar polvo                       |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar harina                      |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Mezclar                             |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Retira ingrediente                  |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Inspección                          |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar mezcla a cortador mezcla dos |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar leche                       |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar huevo                       |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar mantequilla                 |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar contenido de mezcla 1       |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Mezclar                             |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Retitar mezcla                      |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Inspeccionar                        |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar cortadora                    |                                                         |            |            |                         |                |               |
| RELLENO                             |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar jitomate y cebolla          |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Picar jitomate y cebolla            |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Revolver con atún                   |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Retirar ingrediente                 |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Inspeccionar                        |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar a relleno                    |                                                         |            |            |                         |                |               |
| PREPARACION DE PAY                  |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Colocar mezcla 2                    |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Cortado de masa                     |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar estirado                     |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Estirado en laminadora              |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar a rellenado                  |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Rellenado                           |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Incorporación de tapa               |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Inspeccionar                        |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar a hornado                    |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Hornado                             |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar a enfriado                   |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enfriado                            |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar empaquetado                  |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Empaquetado                         |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Etiquetado                          |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Enviar almacen: producto terminado  |                                                         |            |            |                         |                |               |
| Almacen                             |                                                         |            |            |                         |                |               |

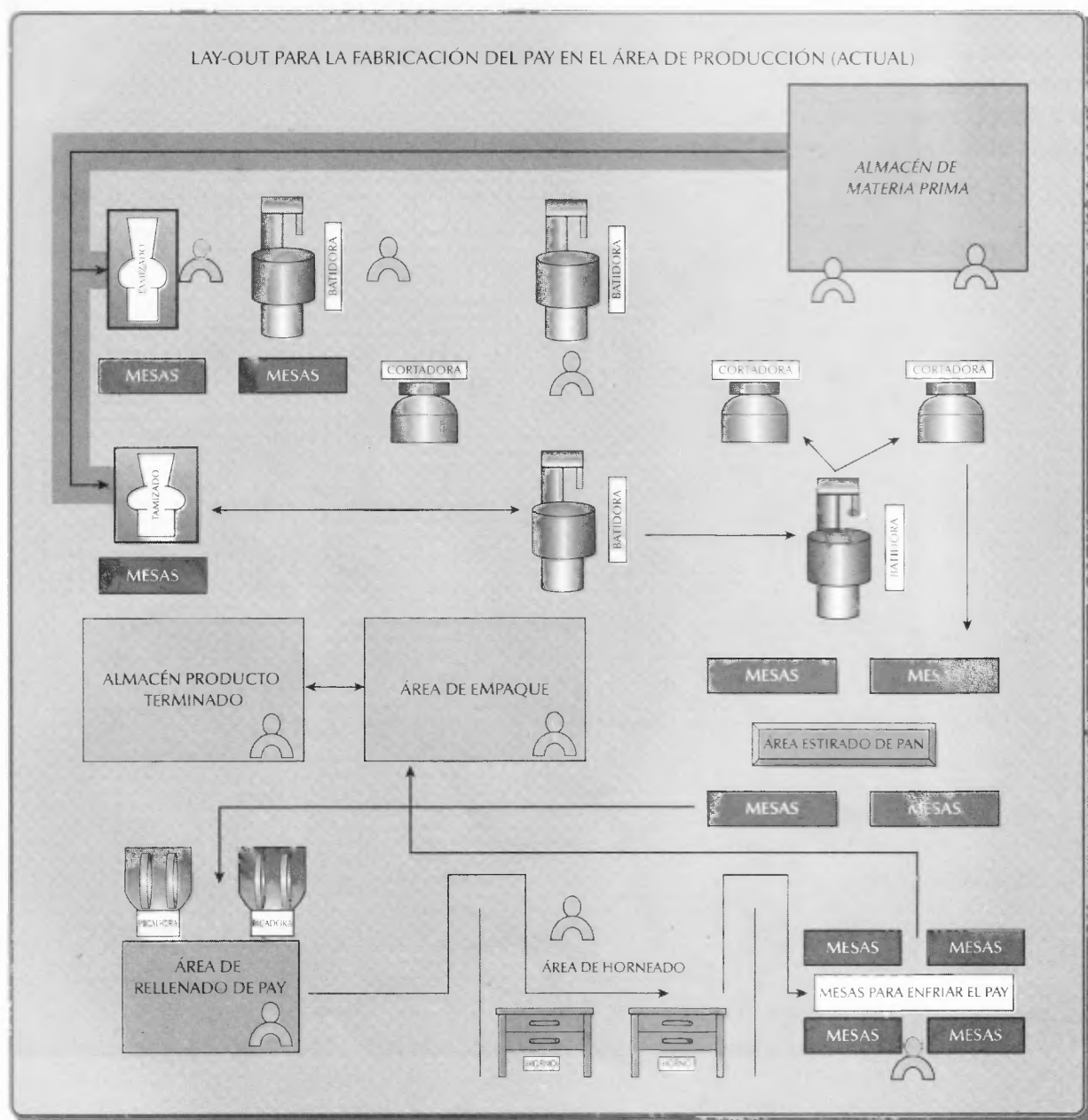
Figura 5.19  
Diagrama  
de flujo.

### Problema 5.6 (para resolver)

#### Solicitud de suministros

El diagrama empieza con el supervisor de producción y finaliza en la mesa de la secretaria en el departamento de compras. Hay un documento escrito a mano por el supervisor, el cual espera sobre la mesa al oficinista. Después, éste lo lleva a la secretaria del gerente de producción (30 min). El documento queda sobre la mesa de la secretaria en espera de ser me-

Figura 5.20 Diagrama de distribución.



canografiado. Se mecanografía. Posteriormente es llevado por el oficinista al gerente de producción (10 min), y queda sobre la mesa de éste en espera de su aprobación. El gerente lo examina, lo aprueba y pone su clave (firma y sello). Queda sobre la mesa del gerente en espera del oficinista, para que sea llevado al departamento de compras (20 min).

El documento espera la aprobación sobre la mesa del agente de compras donde es examinado y aprobado y queda de nuevo en espera del oficinista sobre la mesa del agente de compras. De ahí pasa a la mesa de la secretaria para ser mecanografiado (5 min). Finalmente queda sobre la mesa de la secretaria esperando el mecanografiado del pedido de compra.

Elabore diagrama de recorrido.

### **Problema 5.7**

Elabore el diagrama de recorrido y el diagrama de proceso de flujo de un cinturón para vestido de dama que está compuesto por las siguientes operaciones:

#### Cinto

1. Transportar entretela a máquina cosedora.
2. Coser cinto.
3. Coser a tamaño.
4. Coser punta.
5. Cortar punta.
6. Transportar pieza a máquina perforadora.
7. Perforar ojal.
8. Perforar 5 ojillos.
9. Poner 5 ojillos.
10. Esperar ensamble.
11. Transportar a ensamble.

#### Hebilla

1. Forrar alambre.
2. Transportar a cortadora.
3. Cortar a tamaño.
4. Doblar hebilla.
5. Transportar a prensas.
6. Poner grapas (material de compra).
7. Poner aguijón (material de compra).
8. Esperar ensamble.
9. Transportar a ensamble.

#### Trabilla

1. Coser trabilla.
2. Esperar ensamble.
3. Llevar a ensamble.
4. Armar cinturón (juntar cinto, hebilla y trabilla).
5. Transportar al almacén de productos terminados.
6. Almacenado.

Figura 5.21 Solución del problema 5.7.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE

EL RECORRIDO Reg. No. 1  
LA OPERACIÓN Pág. 1 de 2 págs.

Nombre del proceso Cinturón para vestido modelo 81-20

Plano No. 2 Pieza CINTURÓN Diagrama No. 11

☐ Hombre ☒ Material Departamento

Se inicia en: Departamento de cintos

Se termina en: Almacén de productos terminados

Hecho por: Raúl Ramírez Reyes Fecha: Junio de 1995

Unidad de costo: \_\_\_\_\_ Producción anual: \_\_\_\_\_

| Descripción del método actual             | Operación | Inspección | Transporte | Demora | Almacenaje | Distancia en metros | Cantidad | Tiempo |
|-------------------------------------------|-----------|------------|------------|--------|------------|---------------------|----------|--------|
| Cinto                                     | ○         | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Transportar entre tela a máquina cosedora | ○         | □          | → 01       | D      | ▽          |                     |          |        |
| Coser cinto                               | ○ 01      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Coser a tamaño                            | ○ 02      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Coser punta                               | ○ 03      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Cortar punta                              | ○ 04      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Transportar a máquina perforadora         | ○         | □          | → 02       | D      | ▽          |                     |          |        |
| Perforar ojal                             | ○ 05      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Perforar 5 ojillos                        | ○ 06      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Poner 5 ojillos                           | ○ 07      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Transportar a ensamble                    | ○         | □          | → 03       | D      | ▽          |                     |          |        |
| Hebilla                                   | ○         | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Forrar alambre con tela                   | ○ 08      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Transportar a cortadora                   | ○         | □          | → 04       | D      | ▽          |                     |          |        |
| Cortar a tamaño                           | ○ 09      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Doblar hebilla                            | ○ 10      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Transportar a prensa                      | ○         | □          | → 05       | D      | ▽          |                     |          |        |
| Colocar grapas                            | ○ 11      | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |
| Esperar ensamble                          | ○         | □          | → 01       | D      | ▽          |                     |          |        |
| Transportar a ensamble                    | ○         | □          | → 06       | D      | ▽          |                     |          |        |
|                                           | ○         | □          | →          | D      | ▽          |                     |          |        |

Figura 5.21 Solución del problema 5.7 (continuación).

DIAGRAMA DEL PROCESO DE EL RECORRIDO Reg. No. 1  
LA OPERACIÓN Pág. 2 de 2 págs.

Nombre del proceso Cinturón para vestido modelo 81-20  
Plano No. 2 Pieza CINTURÓN Diagrama No. 11  
☐ Hombre ☒ Material Departamento  
Se inicia en: Departamento de cintos  
Se termina en: Almacén de productos terminados  
Hecho por: Raúl Ramírez Reyes Fecha: Junio de 1995  
Unidad de costo: Producción anual:

| <i>Descripción del método actual</i>                     |          | <i>Operación</i> | <i>Inspección</i> | <i>Transporte</i> | <i>Demora</i> | <i>Almacenaje</i> | <i>Distancia en metros</i> | <i>Cantidad</i> | <i>Tiempo</i> |
|----------------------------------------------------------|----------|------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| Trabilla                                                 |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| Coser trabilla                                           |          | (13) ○           | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| Esperar ensamble                                         |          | ○                | □                 | ➡ (03)            | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| Transportar a ensamble                                   |          | ○                | □                 | (07) ➡            | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| Armar cinturón                                           |          | (14) ○           | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| Transportar artículos al almacén de productos terminados |          | ○                | □                 | (08) ➡            | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| Almacenaar                                               |          | ○                | □                 | ➡ (01)            | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
|                                                          |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| Resumen                                                  |          | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| Símbolo                                                  | Cantidad | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| ○                                                        | 14       | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| □                                                        | -        | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| ➡                                                        | 8        | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| D                                                        | 3        | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |
| ▽                                                        | 1        | ○                | □                 | ➡                 | D             | ▽                 |                            |                 |               |

## Diagrama del proceso de recorrido

Producto: Cinturón 3/4 para vestido modelo 81-20. El diagrama empieza en el departamento de cintos y termina en el almacén de productos terminados.

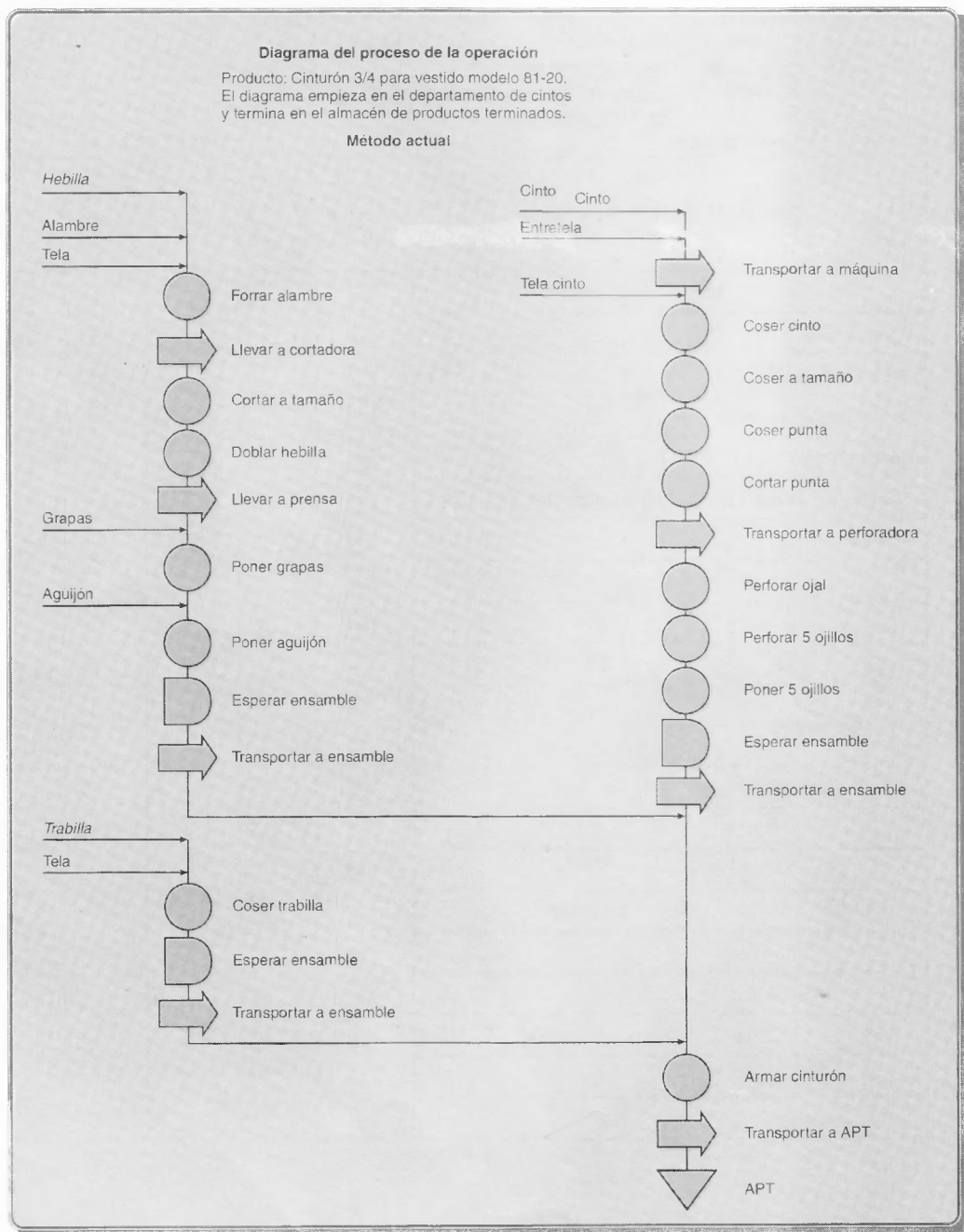
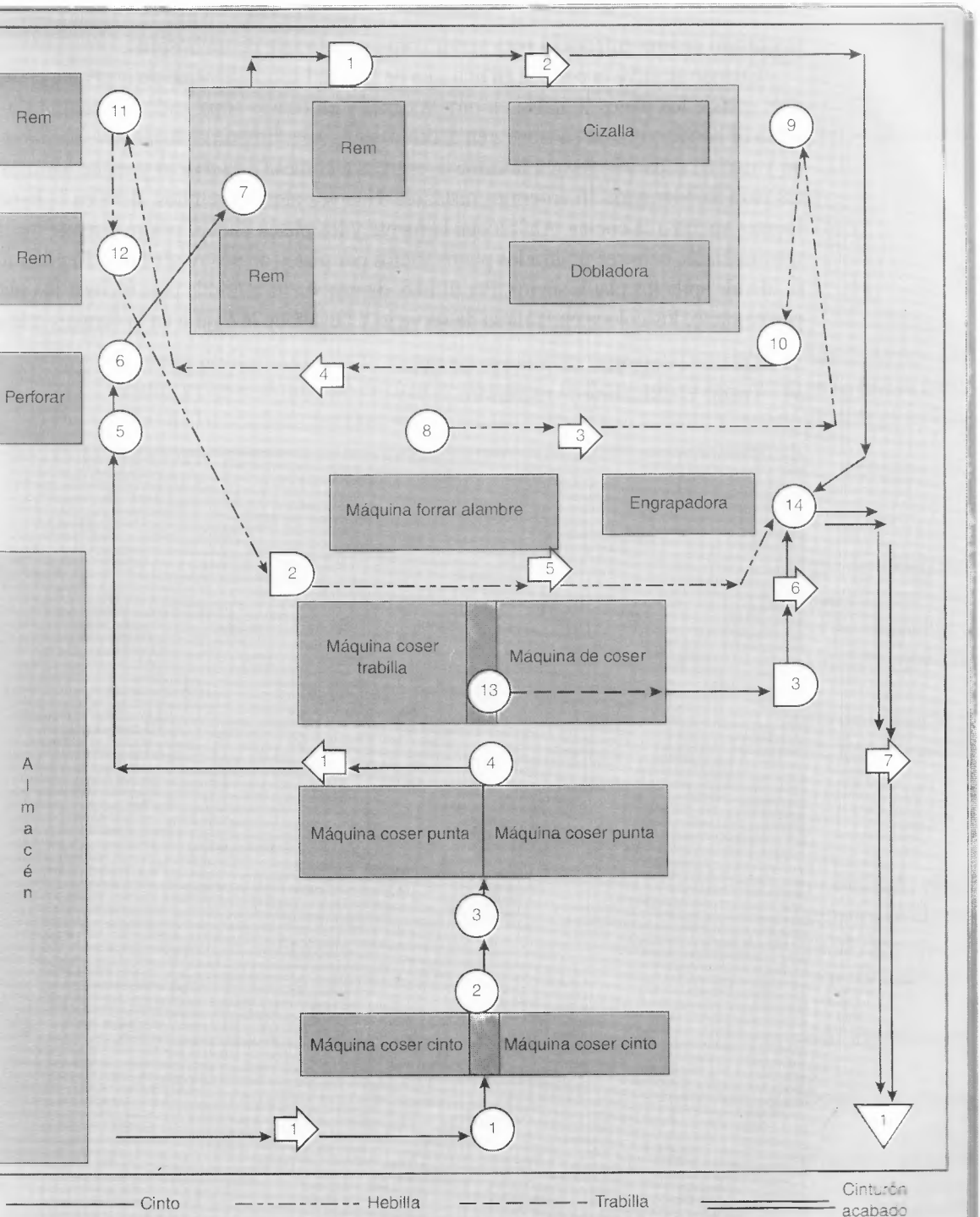


Figura 5.22  
 Diagrama del  
 problema 5.7.



5.22 Diagrama del problema 5.7.



### Problema 5.8 (para resolver)

Recorrido de una enfermera para servir comida en la sala de un hospital.

Quando se sirve la comida en una sala de hospital la auxiliar trae de la cocina en una bandeja grande los platos limpios, en otra la carne y en otra la sopa, todo lo cual coloca en una mesa de servicio que se encuentra en el centro de la sala. En primer lugar sirve un plato de carne y uno de sopa y lo lleva a la cama 1, regresa a la mesa de servicio y repite los movimientos para atender a los 16 enfermos restantes. Una vez atendidos todos, lleva en la bandeja las fuentes vacías a la cocina. Ahí recoge la fuente y los platos para el postre y repite los mismos movimientos, pero reemplaza los platos vacíos por platos de postre servidos. Regresa a la mesa, donde apila los platos sucios. Por último, da una vuelta a la sala para recoger los platos del postre vacío, los coloca en la mesa de servicio y lleva toda la vajilla en la bandeja a la cocina.

- Trazar el diagrama de proceso de flujo.
- Trazar el diagrama de recorrido.

[illegible]

**Figura 5.22**  
Diagrama del  
problema 5.7.

# ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES

## OPERACIÓN

El segundo nivel de análisis del trabajo corresponde a la operación. En este caso se parte de la base de que en ella intervienen los siguientes elementos.

- a) El hombre.
- b) La máquina.
- c) Las herramientas.
- d) El lugar de trabajo.

Se puede decir que el objeto de analizar las operaciones es racionalizar el uso de dichos elementos y elevar el nivel de eficiencia del trabajo desarrollado. A continuación se revisarán algunas de las técnicas que más se utilizan para efectuar el registro y posteriormente el análisis de las operaciones.

### *Diagrama de proceso hombre-máquina*

Este diagrama, que es la representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas, permite conocer el tiempo empleado por cada uno; es decir, saber el tiempo invertido por los hombres y el utilizado por las máquinas.

Con base en este conocimiento se puede determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas con el fin de aprovechar ambos factores al máximo.

El diagrama se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez. Además, aquí el tiempo es indispensable para llevar a cabo el balance de las actividades del hombre y su máquina.

### **Pasos para realizarlo**

En primer lugar se debe seleccionar la operación que será diagramada; se recomienda elegir aquellas importantes que puedan ser costosas, repetitivas y que causen dificultades en el proceso. En segundo lugar se debe determinar dónde empieza y dónde termina el ciclo que se quiere diagramar. En tercero, es necesario observar varias veces la operación para dividirla en sus elementos e identificarlos claramente.

El siguiente paso se dará cuando los elementos de la operación han sido identificados, momento en el cual se procede a medir la duración de cada uno.

Finalmente, con los datos anteriores y siguiendo la secuencia de elementos, se construye el diagrama.

Antes de indicar la forma de elaborar el diagrama de proceso hombre-máquina, es necesario volver a destacar que éste se construye para analizar y mejorar una sola estación de trabajo. Esto se debe, principalmente, a que en la actualidad existen máquinas semiautomáticas o automáticas cuyos operadores permanecen ociosos cuando la máquina está en funciona-

miento, por lo que sería conveniente asignarles en ese lapso alguna otra tarea o la operación de otras máquinas.

Es entonces importante señalar que dicho diagrama nos permitirá conocer las operaciones y tiempo de trabajo del hombre, sus periodos de ocio y el tiempo de actividad e inactividad de su máquina y sus tiempos de carga y descarga.

Una vez identificada la operación que vamos a diagramar, y aplicando los conocimientos ya expuestos, se procede a elaborar el diagrama.

### ***Construcción del diagrama***

El primer paso es seleccionar una distancia en centímetros o en pulgadas que nos represente una unidad de tiempo.

Esta selección se lleva a cabo debido a que los diagramas hombre-máquina se construyen siempre a escala. Por ejemplo, un centímetro puede representar un centésimo de minuto. Existe una relación inversa en esta selección; es decir, mientras más larga es la duración del ciclo de la operación, menor debe ser la distancia por unidad de tiempo escogida.

Cuando hemos efectuado nuestra selección se inicia la construcción del diagrama, el cual, como es normal, se debe identificar con el título de diagrama de proceso hombre-máquina.

También es necesario incluir información tal como operación diagramada, método presente o método propuesto, número de plano, orden de trabajo con indicación de dónde comienza el diagrama y dónde termina, nombre de la persona que lo realiza, fecha y cualquier otro dato que se juzgue conveniente para lograr una mejor comprensión del diagrama.

Una vez efectuados estos pasos, a la izquierda del papel se debe hacer una descripción de los elementos que integran la operación. En el extremo de la hoja se colocan las operaciones y tiempos del hombre y sus tiempos inactivos.

El tiempo de trabajo del hombre se representa por una línea vertical continua; cuando hay un tiempo muerto o un tiempo de ocio, se representa con una línea discontinua. Un poco más hacia la derecha se coloca la gráfica de la máquina o máquinas, que es igual a la anterior; es decir, una línea vertical continua indica tiempo de actividad de la máquina y una discontinua los lapsos inactivos. Los tiempos de preparación y de descarga de las máquinas se representan por una línea punteada, pues las máquinas no están en operación pero tampoco inactivas.

En la parte inferior de la hoja, una vez terminado el diagrama, se coloca el tiempo total de trabajo del hombre, más el tiempo total de ocio y el tiempo total muerto de la máquina.

Finalmente, para obtener los porcentajes de utilización empleamos las siguientes igualdades:

Ciclo total del operador = preparar + hacer + retirar.

Ciclo total de la máquina = preparar + hacer + retirar.

Tiempo productivo de la máquina = hacer.

Tiempo improductivo del operador = espera.

Tiempo improductivo de la máquina = ocio.

Porcentaje de utilización del operador = 
$$\frac{\text{tiempo productivo del operador}}{\text{tiempo del ciclo total}}$$

$$\text{Porcentaje de la máquina} = \frac{\text{tiempo productivo de la máquina}}{\text{tiempo del ciclo total}}$$

### **Problema 5.9**

Desarrolle el diagrama hombre-máquina del siguiente caso.

Un operador tiene a su cargo dos taladros. El taladro 1 tiene una sola broca para efectuar el proceso de barrenado y el taladro 2 es de doble broca.

La actividad que realiza el operador es:

- a) Carga y descarga del taladro 1: 0.53 min.
- b) Carga y descarga del taladro 2: 0.78 min.
- c) Caminar del taladro 1 al 2 o viceversa: 0.07 min.
- d) Limpiar pieza antes de colocarla en el taladro: 0.10 min.

El taladro de una sola broca tarda en hacer el barrenado 0.5 minutos y el taladro doble tarda 0.63 minutos para efectuar la operación; los taladros se levantan automáticamente al fin del ciclo (véase figura 5.25).

### **Diagrama de proceso de grupo**

En la actualidad, para llevar a cabo determinados procesos se cuenta con máquinas que por su magnitud no pueden ser operadas por una sola persona, sino que se tiene que asignar a un grupo de personas para controlarlas con mayor eficiencia.

El diagrama de proceso de grupos se realiza cuando se sospecha que el conjunto de personas no ha sido asignado correctamente debido a que existían tiempos de inactividad considerable. También se realiza para llevar a cabo un balanceo o una correcta asignación de las personas a una máquina determinada.

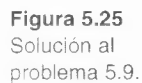
El diagrama de proceso de grupo se define como la representación gráfica de la secuencia de los elementos que componen una operación en la que interviene un grupo de personas. Se registran cada uno de los elementos de la operación y sus tiempos de ocio. Además, se conocen los tiempos de actividad y de ocio de la máquina. Luego de conocer estos datos podemos hacer un balanceo que nos permita aprovechar al máximo las personas y las máquinas. Como podemos observar, este diagrama es una adaptación del diagrama hombre-máquina.

### **Pasos para su construcción**

Para elaborar este diagrama, al igual que el del hombre-máquina, es necesario seguir estos pasos:

Primero, se selecciona una máquina de gran magnitud donde se sospeche que los operadores son más de los necesarios para manejarla con eficiencia. Después, se determina dónde empieza y dónde termina el ciclo de la operación.

A continuación se observa varias veces la operación para descomponerla en cada uno de sus elementos y se registran todas las actividades de cada uno de los operadores y ayudantes.



Finalmente, con los datos anteriores se procede a la construcción del diagrama.

La elaboración del diagrama se lleva a cabo de la misma manera que el diagrama hombre-máquina.

### Problema 5.10

Cierto artículo requiere para su fabricación de una operación de moldeo que se lleva cabo en un inyector semiautomático, una operación de rebabeado manual y una de ensamble en una prensa ensambladora automática.

Los tiempos de cada actividad son los siguientes:

| OPERACIÓN DEL INYECTOR |            | OPERACIÓN DE LA PRESNA ENSAMBLADORA |           |
|------------------------|------------|-------------------------------------|-----------|
| Arrancar inyector      | 1 min/pza  | Carga de la prensa                  | 1 min/pza |
| Moldeo automático      | 10 min/pza | Ensamble automático                 | 4 min/pza |
| Rebabeado manual       | 3 min/pza  | Descarga e inspección               | 2 min/pza |
| Descarga manual        | 2 min/pza  |                                     |           |

La secuencia obligada de las diferentes actividades es la seguida en la lista de tiempos. ¿Cuántas piezas podrán producirse como máximo en ocho horas, si se dispone de dos inyectores y una ensambladora, operados por un solo hombre (figura 5.26).

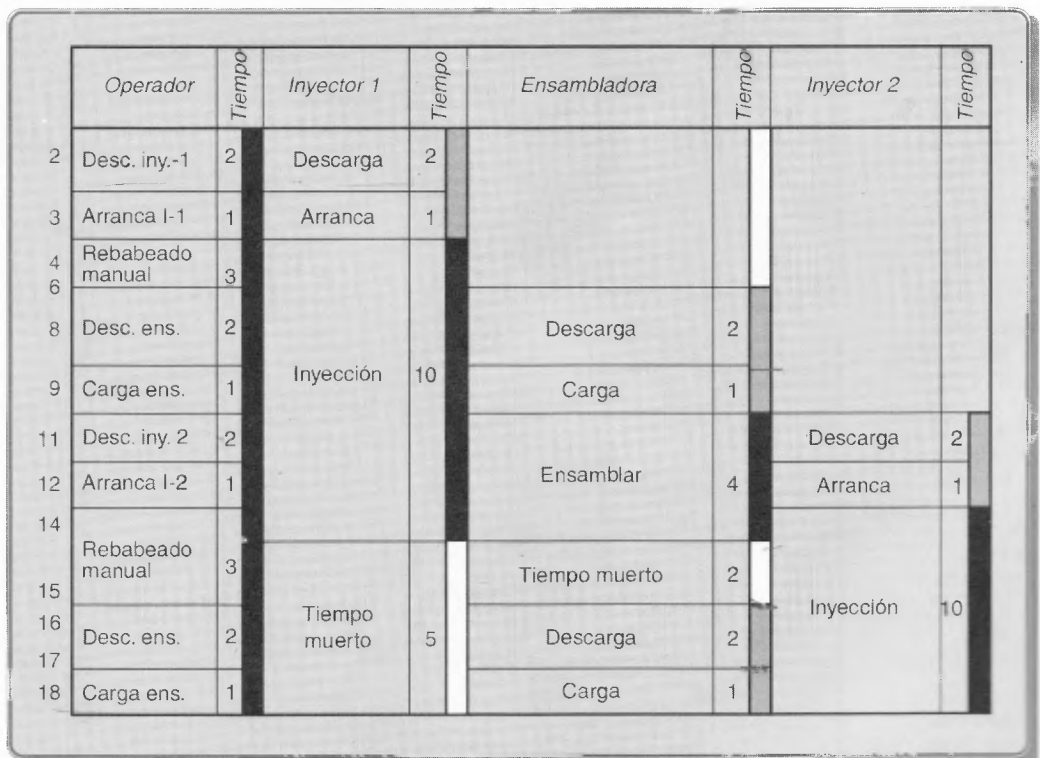


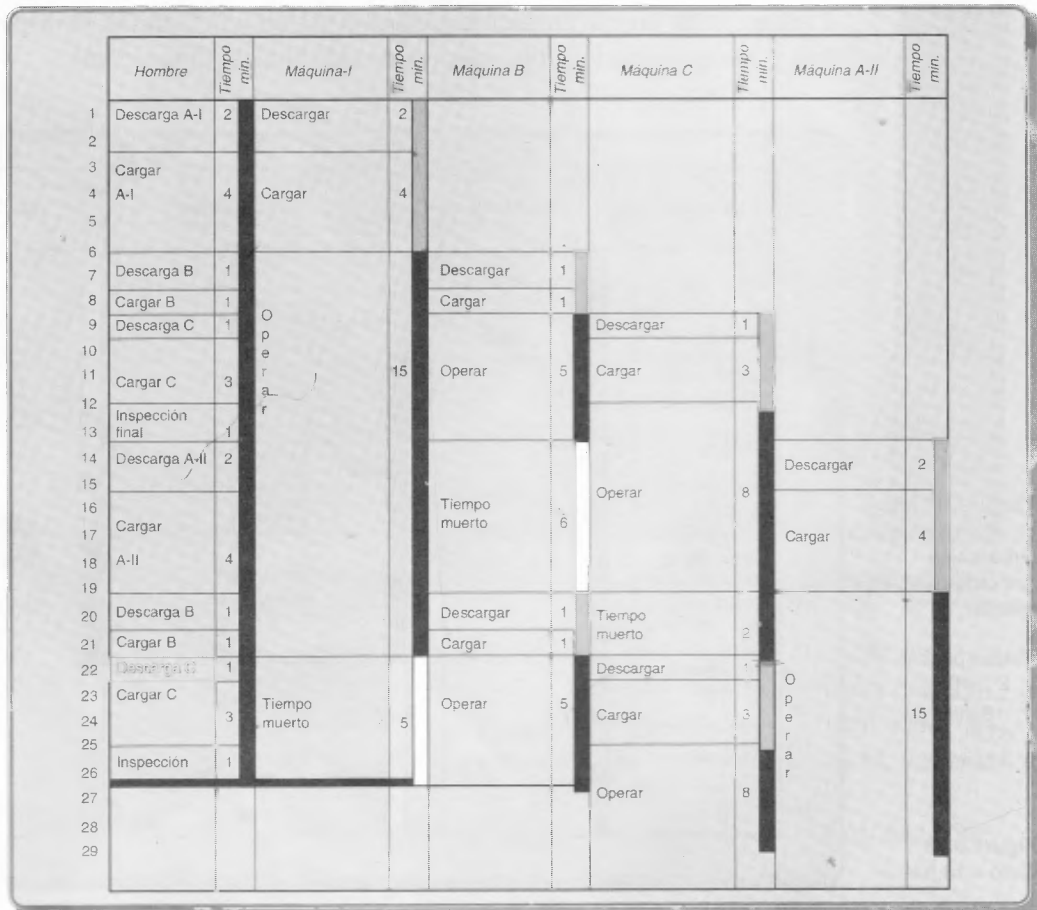
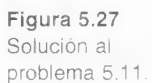
Figura 5.26  
Ciclo = 18 min

### Problema 5.11

Cierto producto fabricado por operaciones realizadas en la secuencia A-B-C en máquinas semiautomáticas tiene los siguientes tiempos estándar.

| OPERACIÓN EN MÁQUINA<br><i>A</i> |        | OPERACIÓN EN MÁQUINA<br><i>B</i> |       | OPERACIÓN EN MÁQUINA<br><i>C</i> |       |
|----------------------------------|--------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| Cargar                           | 4 min  | Carga                            | 1 min | Carga                            | 3 min |
| Operar                           | 15 min | Operar                           | 5 min | Operar                           | 8 min |
| Descargar                        | 2 min  | Descargar                        | 1 min | Descargar                        | 1 min |
| Inspección final                 | 1 min  |                                  |       |                                  |       |

Si es costumbre añadir 20% al tiempo del ciclo estándar y un solo hombre realiza las operaciones de carga, descarga e inspección y se dispone de la máquina A, máquina B y máquina C, ¿cuántos artículos se producirán como máximo en un turno de 8 horas?





### Problema 5.12

Cierta compañía debe fabricar 10 000 unidades de un producto que requiere una sola operación de moldeo en su proceso de fabricación. El pedido deberá estar terminado en 26 semanas. En la fábrica se trabajan 88 horas por semana y hasta 40% de tiempo extra. Los tiempos estimados para cada uno de los elementos de la operación son:

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Cargar material en máquina   | 4.0 min  |
| Moldear (automático)         | 20.0 min |
| Descargar la parte terminada | 2.0 min  |
| Inspeccionar                 | 3.0 min  |
| Caminar de máquina a máquina | 1.0 min  |

El ciclo utilizado para determinar los costos se acostumbra corregir aumentándole un suplemento de 15%.

Sólo se dispone de un operador y tres máquinas. Los costos son:

Salario del operador: \$500.00/hora normal; \$750.00/hora extra;

Costo variable de máquina: \$100/hora.

Material \$150.00 por unidad.

Costo de preparación y montaje:

\$40 000/montaje por máquina.

Se desea encontrar el método de producción más económico para fabricar el pedido, aplicando el método del diagrama hombre-máquina.

a) Un hombre atiende una máquina

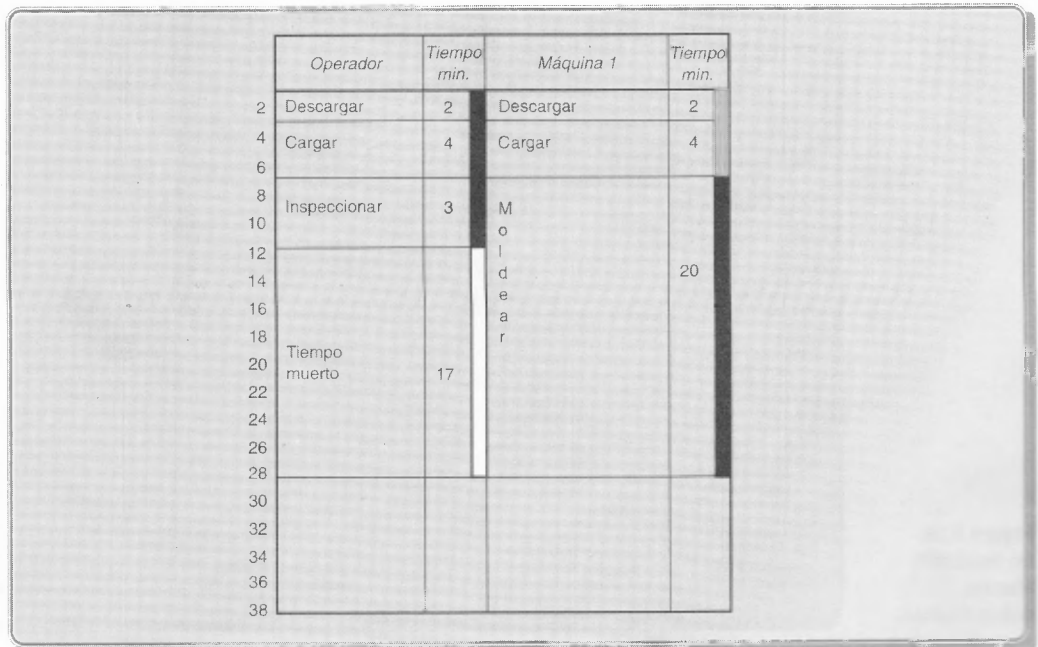


Figura 5.28.

Ciclo = 26 min

Tiempo estándar por pieza =  $26 \times 1.15 = 29.9$  min/pza

Pieza por hora =  $\frac{60}{29.9} \cong 2$

Tiempo para 10 000 piezas =  $\frac{10\,000}{2} = 5\,000$  horas

Se cuenta con un tiempo total de 26 semanas  $\times$  88 horas/semana = 2 288 horas, 1 144 horas normales  $\times$  40% de tiempo extra = 3 203.2 horas.

Resultado: No se puede terminar a tiempo el trabajo.

b) Un hombre atiende dos máquinas

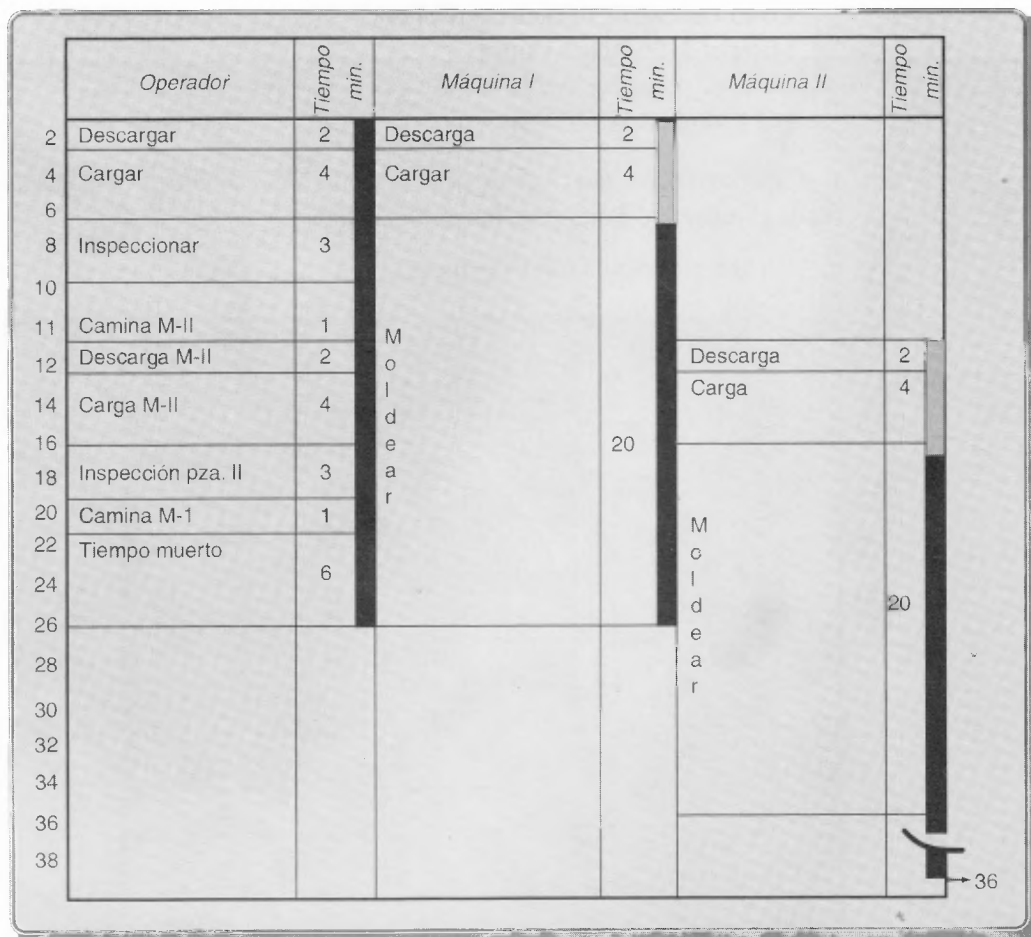


Figura 5.29  
Un hombre  
atiende  
dos máquinas.

Tiempo del ciclo = 26 min, en el cual se obtienen dos piezas.

$$\text{Tiempo estándar por pieza} = \frac{26 \times 1.15}{2} = 14.95 \text{ min/pieza}$$

$$\text{Piezas/hora} = \frac{60}{14.95} = 4.01 \text{ piezas/hora}$$

$$\text{Tiempo para 10 000 piezas} = \frac{10\,000}{4} = 2\,500 \text{ horas}$$

Se trabajan 2 288 horas normales  
 + 212 de horas extra  
 Total  $\Sigma$  2 500 horas

El costo será

|                  |   |        |   |         |   |             |
|------------------|---|--------|---|---------|---|-------------|
| Material         | = | 10 000 | × | 150     | = | \$1 500 000 |
| Tiempo normal    | = | 2 288  | × | 500     | = | 1 144 000   |
| Tiempo extra     | = | 212    | × | 750     | = | 159 000     |
| Costo de máquina | = | 2 500  | × | 2 × 100 | = | 500 000     |
| Costo de montaje | = | 40 000 | × | 2       | = | 80 000      |
| Total            |   |        |   |         | = | \$3 383 000 |

b) Un hombre operando tres máquinas

El tiempo del ciclo es de 30 min obteniendo 3 piezas.

$$\text{Tiempo estándar por pieza} = \frac{30 \times 1.15}{3} = 11.5 \text{ min/pieza}$$

$$\text{Pieza por hora} = \frac{60}{11.5} = 5.2 \text{ min/pieza}$$

$$\text{Tiempo para 10 000 piezas} = \frac{10\,000}{5.2} = 1\,923 \text{ horas}$$

Se trabajan sólo horas normales.

Costo

|                   |   |        |   |         |   |                |
|-------------------|---|--------|---|---------|---|----------------|
| Material          | = | 10 000 | × | 150     | = | \$1 500 000    |
| Tiempo            | = | 1 923  | × | 500     | = | 961 500.00     |
| Costo por máquina | = | 1 923  | × | 3 × 100 | = | 576 900.00     |
| Costo por montaje | = | 40 000 | × | 3       | = | 120 000.00     |
| Total             |   |        |   |         | = | \$3 158 400.00 |

Figura 5.30 Un hombre opera tres máquinas.

|    | Operador            | Tiempo min. | Máquina 1     | Tiempo min. | Máquina II | Tiempo min. | Máquina III | Tiempo min. |
|----|---------------------|-------------|---------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 2  | Descargar           | 2           | Descargar     | 2           |            |             |             |             |
| 4  | Cargar              | 4           | Cargar        | 4           |            |             |             |             |
| 6  |                     |             |               |             |            |             |             |             |
| 8  | Inspeccionar        | 3           |               |             |            |             |             |             |
| 10 |                     |             |               |             |            |             |             |             |
| 11 | Camina M-II         | 1           |               |             |            |             |             |             |
| 12 | Descarga M-II       | 2           |               |             | Descargar  | 2           |             |             |
| 14 | Carga M-II          | 4           |               |             | Cargar     | 4           |             |             |
| 16 |                     |             |               |             |            |             |             |             |
| 18 | Inspección pza. II  | 3           |               |             |            |             |             |             |
| 20 | Camina M-II         | 1           |               |             |            |             |             |             |
| 22 | Descarga M-II       | 2           |               |             |            |             | Descarga    | 2           |
| 24 | Carga M-III         | 4           |               |             |            |             | Cargar      | 4           |
| 26 |                     |             |               |             |            |             |             |             |
| 28 | Inspección pza. III | 3           | Tiempo muerto |             |            |             |             |             |
| 30 | Camina M-I          | 1           |               | 4           |            |             |             |             |
| 32 |                     |             |               |             |            |             |             |             |
| 34 |                     |             |               |             |            |             |             |             |
| 36 |                     |             |               |             |            |             |             |             |
| 38 |                     |             |               |             |            |             |             |             |

La solución más económica es producir el lote de 10 000 piezas utilizando un hombre que opere tres máquinas, en cuyo caso la producción se completará en:

$$\frac{1\ 923}{88} = 21.85 \text{ semanas a un costo de \$315.84 por pieza, de acuerdo con la siguiente distribución}$$

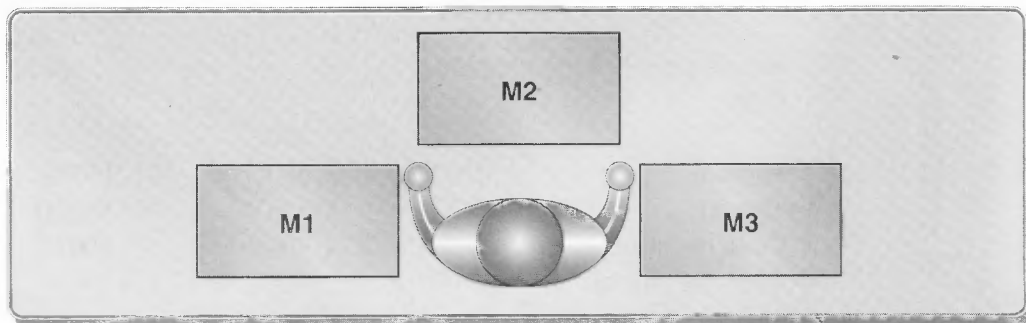


Figura 5.31.

## ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS

El **análisis de movimientos** es el estudio de todos y cada uno de los movimientos de cualquier parte del cuerpo humano para poder realizar un trabajo en la forma más eficiente.

Para lograr este propósito es preciso dividir un trabajo en todos sus elementos básicos y analizar cada uno de ellos tratando de eliminar o, si esto no es posible, de simplificar sus movimientos. En otras palabras, se trata de buscar un método de trabajo que sea más fácil y más económico. Para llevar a cabo este análisis se dispone de las siguientes técnicas: el diagrama bimanual de trabajo, el análisis de movimientos básicos y los principios de la economía de movimientos.

### DIAGRAMA BIMANUAL

Este diagrama muestra todos los movimientos realizados por la mano izquierda y por la mano derecha y la relación que existe entre ellos. El diagrama bimanual sirve principalmente para estudiar operaciones repetitivas, en cuyo caso se registra un solo ciclo completo de trabajo. Para representar las actividades se emplean los mismos símbolos que se utilizan en los diagramas de proceso, pero se les atribuye un sentido ligeramente distinto para que abarquen más detalles, tal como se aprecia en la figura 5.32.

El símbolo de inspección casi no se emplea, puesto que durante la inspección de un objeto (mientras lo sujeta y mira o lo calibra) los movimientos de la mano son operaciones para los efectos del diagrama. Sin embargo, a veces resulta útil emplear el símbolo de inspección para hacer resaltar que se examina algo.

Figura 5.32 Símbolos del diagrama bimanual.

| ACTIVIDAD                      | DEFINICIÓN                                                                                                                                                                                                                             | SÍMBOLO                                                                               |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Operación                      | Se emplea para los actos de <u>asir</u> , sujetar, utilizar, soltar, etc., una herramienta-pieza o material.                                                                                                                           |  |
| Transporte                     | Se emplea para representar el movimiento de la mano hasta el trabajo, herramienta o material o desde uno de ellos.                                                                                                                     |  |
| Demora                         | Se emplea para indicar el tiempo en que la mano no trabaja (aunque quizá trabaje la otra).                                                                                                                                             |  |
| Sostenimiento o almacenamiento | Con los diagramas bimanuales no se emplea el término almacenamiento, y el símbolo que le correspondía se utiliza para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material con la mano cuya actividad se está consignando. |  |

El hecho mismo de elaborar el diagrama permite al especialista llegar a conocer a fondo los pormenores de trabajo y gracias a él puede estudiar cada elemento en relación con los demás. Así tendrá la idea de las posibles mejoras que debe implementar. Cada idea se debe representar gráficamente en un diagrama, pues así es mucho más fácil compararla. El mejor método, por lo general, es el que menos movimientos necesita.

El diagrama bimanual puede aplicarse a una gran variedad de trabajos de montaje, de elaboración a máquina y también de oficina. Los ajustes apretados y la colocación en posiciones difíciles pueden presentar ciertos problemas. Cuando se montan piezas pequeñas ajustadamente, ponerlas en posición antes del montaje puede ser la parte más prolongada del ciclo. En tales casos la puesta en posición deberá considerarse como un movimiento en sí de operación, aparte del que se efectúa para hacer el montaje propiamente dicho (por ejemplo, colocar un desarmador en la cabeza de un tornillo pequeño). Así se destaca dicho movimiento, y si se muestra en relación con una escala de tiempos, se podrá evaluar su importancia relativa. Se lograrán economías considerables si es posible reducir el número de dichas colocaciones; por ejemplo, avellanando ligeramente el oficio y biselando más la punta de la herramienta, o utilizando un desarmador neumático.

### *Guías para elaborar los diagramas bimanuales*

En la parte superior del diseño del diagrama debe incluir el espacio para la información habitual; un espacio adecuado para el croquis del lugar de trabajo y la información que se considere necesaria, tal como número de parte, número de plano, descripción de la operación o proceso, fecha de elaboración, nombre de la persona que lo elabora, etcétera. También se debe considerar espacio para los movimientos de ambas manos y para un resumen de movimientos y análisis del tiempo improductivo.

Cuando se elaboran diagramas es conveniente tener presente estas observaciones:

1. Estudiar el ciclo de las operaciones varias veces antes de comenzar las anotaciones.
2. Registrar una sola mano cada vez.
3. Registrar unos pocos símbolos cada vez.
4. El momento de recoger o asir otra pieza al comienzo de un ciclo de trabajo se presta para iniciar las anotaciones.

Conviene empezar por la mano que coge la pieza primero o por la que ejecuta más trabajo. Es necesario fijar el mismo punto exacto de partida que se elija, ya que al completar el ciclo se llegará nuevamente allí, pero debe fijarse con claridad. Luego se añade en la segunda columna la clase de trabajo que realiza la segunda mano.

5. Registrar las acciones en el mismo renglón cuando se realizan al mismo tiempo.
6. Las acciones que tienen lugar sucesivamente deben registrarse en renglones distintos. Es necesario verificar si en el diagrama la sincronización entre las dos manos corresponde a la realidad.
7. Procure registrar todo lo que hace el operador y evítese combinar las operaciones con transportes o colocaciones, a no ser que ocurran realmente al mismo tiempo.

### Problema 5.13

En el recargado de cartuchos calibre 32 se utiliza una serie de operaciones. Se necesitan fulminantes, casquillos, pólvora y balas. Los fulminantes están en una caja, los casquillos en otra y las balas en otra. La pólvora se encuentra en un recipiente y es necesario pesarla antes de introducirla en el cartucho. Se tiene la siguiente área de trabajo

1. Fulminante
2. Casquillo
3. Bala
4. Pólvora
5. Pesadora

El procedimiento para el formado de los cartuchos es el siguiente:

La mano izquierda agarra el fulminante y la mano derecha el casquillo (0.5 s).

La mano izquierda coloca el fulminante en el casquillo y la mano derecha sostiene el casquillo (0.8 s).

La mano izquierda agarra la pólvora y la mano derecha coloca el casquillo.

La mano izquierda coloca la pólvora en la pesadora y la derecha espera (1 s).

La mano derecha toma la pólvora y la deposita en el casquillo, mientras la izquierda sostiene el casquillo (2 s).

La mano izquierda sostiene el casquillo con pólvora y la mano derecha agarra la bala (0.5 s).

La mano izquierda sostiene el casquillo y la mano derecha coloca la bala y presiona (1.5 s).

Elabore

- a) El diagrama del operador bimanual actual.
- b) El método mejorado eliminando puntos que violen los principios de la economía de movimientos y un nuevo diseño de la mesa de trabajo.

Todos los detalles se presentan gráficamente en la figura 5.33.

### Problema 5.14

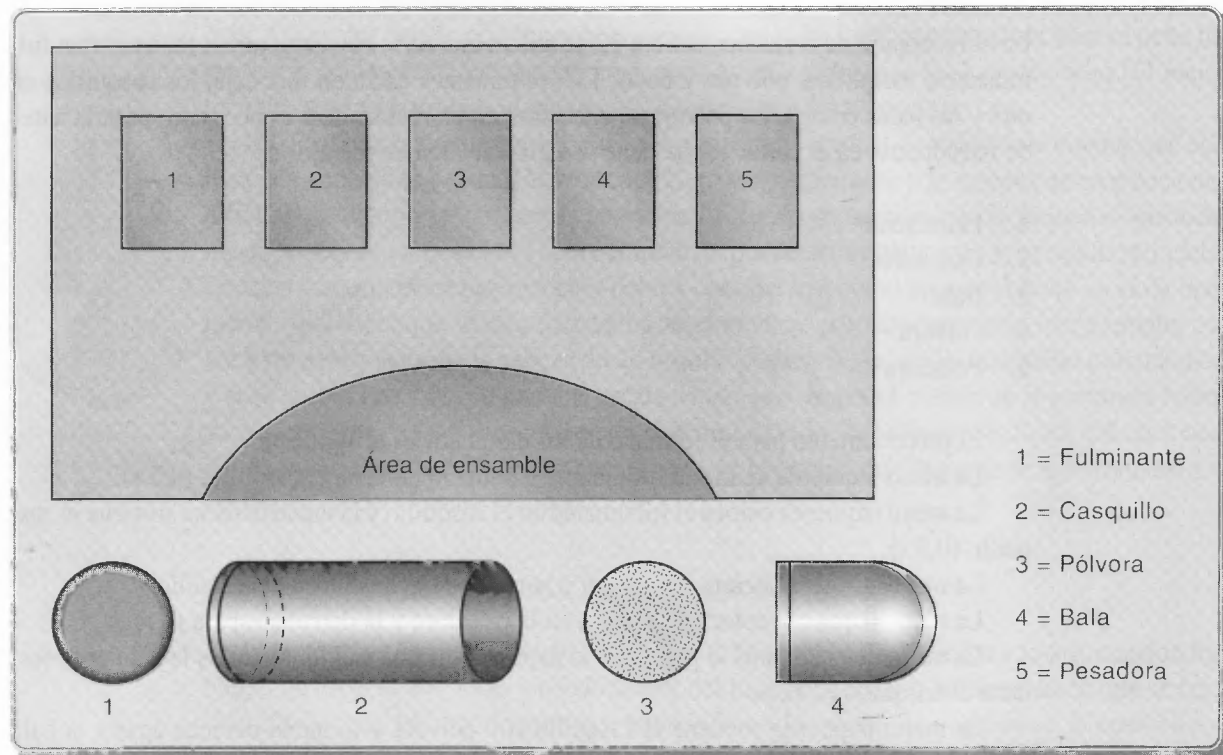
Cortar tubos de vidrio en trozos cortos con ayuda de una plantilla.<sup>1</sup>

Elabórese el diagrama actual y propuesto (véanse figuras 5.35 y 5.36).

Diagrama del área de trabajo

<sup>1</sup> Problema tomado del libro *Introducción al estudio del trabajo*, OIT, 3a. ed., p. 184.

Figura 5.33 Mesa de trabajo para el recargado de pólvora de un cartucho.



## ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS BÁSICOS

Si se parte del principio de que para realizar todo trabajo se requiere del insumo de un conjunto de movimientos básicos, se puede afirmar que la eficiencia de cualquier método estándar depende de que emplee exclusivamente movimientos básicos.

El iniciador de esta técnica es Frank B. Gilbreth, quien, junto con su esposa Lillian, definieron todos los movimientos necesarios para realizar cualquier tarea, teniendo en cuenta la posibilidad de mejorar la operación eliminando todos los movimientos superfluos para lograr así la máxima eficiencia.

Posteriormente aparecieron nuevas técnicas de análisis de movimientos básicos, las cuales además de clasificarlos establecieron los tiempos para su ejecución. A estas técnicas se les denomina de tiempos predeterminados. La ventaja de estas herramientas es que permiten analizar simultáneamente el método y el tiempo de ejecución y así seleccionar la alternativa que, en cuanto a tiempo, es más recomendable implantar.

Sin embargo, para dominar cualquiera de las técnicas de tiempos predeterminados se requiere una concienzuda capacitación, por lo que en este curso y para fines de análisis de los métodos, emplearemos la técnica de movimientos básicos de Gilbreth, la cual brinda la clasificación de los diferentes movimientos requeridos para efectuar cualquier trabajo manual, la cual se presenta en la figura 5.37.







Figura 5.36 Diagrama bimanual de la operación cortar tubo.

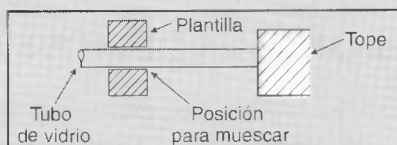
## Solución

## Diagrama del área de trabajo

| Descripción |           |
|-------------|-----------|
| Hilera      | o columna |
| 07          |           |
| 06          |           |
| 05          |           |
| 04          |           |
| 03          |           |
| 02          |           |
| 01          |           |
| 00          |           |
| 01          |           |
| 02          |           |
| 03          |           |
| 04          |           |
| 05          |           |
| 06          |           |
| 07          |           |

| RESUMEN           | PRE-SENTE |    | PRO-PUESTO |    | DEPEN-DENCIA |    |
|-------------------|-----------|----|------------|----|--------------|----|
| Símbolo Actividad | MI        | MD | MI         | MD | MI           | MD |
| Operaciones       | 8         | 5  | 2          | 2  |              |    |
| Transporte        | 2         | 5  |            |    |              |    |
| Sostiene          | 4         | 4  | 1          | 1  |              |    |
| Demoras           |           |    |            |    |              |    |
| Distancia         |           |    |            |    |              |    |

Distribución del área de trabajo



Operación: Cortar trozos de 1.5 mm

Método: { Actual ☒ Propuesto } Fecha: Noviembre de 1995

Operador: Raúl Ramírez Reyes

Hecho por: Roberto García Criollo

Mano izquierda

Mano derecha

|                                               | Operación            | Transporte | Sostiene | Demora | Operación | Transporte | Sostiene | Demora |
|-----------------------------------------------|----------------------|------------|----------|--------|-----------|------------|----------|--------|
| Principios de economía de movimientos         | Mete tubo hasta tope | ●→         | △        | □      | ●→        | △          | □        |        |
| Comience el movimiento simultáneamente        | Hace girar tubo      | ●→         | △        | □      | ●→        | △          | □        |        |
| Para el movimiento simultáneamente            | Sostiene tubo        | ○→         | △        | □      | ●→        | △          | □        |        |
| Movimientos simétricos y en dirección opuesta |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Use movimientos de rango más bajo             |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Trabaje dentro del área normal                |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Use movimientos con trayectorias curvas       |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Deslice el material no lo levante             |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Ejecute las operaciones en puntos fijos       |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Reduzca los elementos de la operación         |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Busque el ritmo y automaticidad               |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Haga uso de pedales                           |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Evite el usar las manos para sostenerse       |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Use alimentadores por gravedad                |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Herramientas en posición previa               |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |
| Materiales en posición previa                 |                      | ○→         | △        | □      | ○→        | △          | □        |        |

Sostiene lima  
Muesca tubo con lima  
Golpea tubo con lima, trozo cae en caja

**Figura 5.37**  
Clasificación  
de los diferentes  
movimientos  
requeridos  
para efectuar  
cualquier trabajo  
manual.

|                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| Análisis de movimientos _____ |                    |
| Método _____                  |                    |
| Operación _____               |                    |
| Referencia _____              | Producto _____     |
| Fecha _____                   | Analista _____     |
| Mano izquierda _____          | Mano derecha _____ |
| Descripción _____             | Descripción _____  |

## PRINCIPIOS DE ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS

Además de la división básica de los movimientos, existen principios de economía de movimientos, los cuales también fueron desarrollados por Gilbreth y completados por Ralph Barnes. Estas leyes son aplicables a cualquier tipo de trabajo, pero se agrupan en tres subdivisiones básicas: aplicación y uso del cuerpo humano, arreglo del área de trabajo y diseño de herramientas y equipo.

El analista de tiempos y métodos debe familiarizarse con todas las leyes de la economía de movimientos de manera que pueda descubrir rápidamente las ineficiencias en el método usado, inspeccionando con brevedad el lugar de trabajo y la operación.

### *Aplicación y uso del cuerpo humano*

Las dos manos deben empezar y terminar sus movimientos al mismo tiempo, y no deben estar simultáneamente ociosas, excepto en periodos de descanso. Los movimientos de los brazos deben hacerse de manera simultánea en direcciones opuestas y simétricas.

Los movimientos de las manos deben ser confinados a su rango más bajo, pero sin perjudicar la eficiencia del trabajo realizado. El trabajador debe aprovechar, en cuanto sea posible, el impulso que pudiera traer el material sobre el que trabaja y evitar comunicárselo o retirárselo con esfuerzo muscular propio.

Se deben preferir los movimientos suaves y continuos de las manos, nunca en zigzag o en líneas rectas con cambios bruscos de dirección. Los movimientos libres son más fáciles, rápidos y precisos que los rígidos, fijos o controlados. El ritmo es esencial para realizar una operación manual de manera suave y automática, procurando, en cuanto sea posible, adquirirlo en forma natural y fácil.

### *Arreglo del área de trabajo*

Es imprescindible que se cuente con un lugar fijo y determinado para todas las herramientas, materiales y controles, los cuales deben estar localizados enfrente del operador y lo más cerca posible.

Figura 5.38 Formulario de análisis de movimientos.

[illegible]

Figura 5.39 Movimientos básicos de Gilbreth.

| MOVIMIENTO           |    | SÍMBOLO                                                                                                       |
|----------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Productivos</i>   |    |                                                                                                               |
| Alcanzar             | A  | Mover la mano hacia un destino o lugar general.                                                               |
| Mover                | M  | Transportar un objeto a un destino.                                                                           |
| Coger                | C  | Conseguir suficiente control sobre un objeto con los dedos de la mano.                                        |
| Posicionar           | P  | Alinear, orientar y montar un objeto en otro.                                                                 |
| Desmontar            | D  | Romper el contacto entre dos objetos.                                                                         |
| Soltar               | SC | Abandonar el control que los dedos de la mano ejercen sobre un objeto.                                        |
| Examinar             | E  | Identificar o inspeccionar un objeto empleando cualquier sentido.                                             |
| Hacer                | H  | Efectuar total o parcialmente los fines de la operación.                                                      |
| <i>Retardantes</i>   |    |                                                                                                               |
| Cambiar dirección    | CD | Cambiar la línea o plano a través del cual se realiza un A o un M.                                            |
| Posición previa      | PP | Preparar el objeto transportado para el elemento básico siguiente.                                            |
| Buscar               | B  | Localizar cualquier objeto.                                                                                   |
| Seleccionar          | SE | Escoger entre varios objetos.                                                                                 |
| Planear              | PL | Retraso o vacilación para decidir el método a seguir                                                          |
| Retraso nivelador    | RN | Una parte del cuerpo se retrasa por la lentitud de la obra con la que debe realizar una operación simultánea. |
| <i>Improductivos</i> |    |                                                                                                               |
| Sostener             | S  | Mantener con la mano un control estético sobre un objeto mientras se ejecuta un trabajo en él.                |
| Retraso evitable     | RE | Atribuible a la desidia o pereza del trabajador.                                                              |
| Retraso inevitable   | RI | Atribuido al método.                                                                                          |
| Retraso por fatiga   | F  | Descanso para vencer la fatiga                                                                                |

Las cajas y depósitos que reciban material por gravedad deben estar adaptados para entregarlo cerca y enfrente del operador. Además, siempre que sea posible, el material terminado debe retirarse mediante el empleo de la fuerza de gravedad.

Los materiales y las herramientas deben colocarse de manera que permitan una sucesión continua de movimientos.

Deben tomarse medidas para asegurar adecuadas condiciones de visibilidad. La buena iluminación es el primer requisito para lograr una percepción visual satisfactoria. Igualmente, la altura del banco de trabajo y la silla deben adecuarse para alternar fácilmente el trabajo parado o sentado. Por lo tanto, debe proveerse a cada empleado de una silla cuyo tipo y altura permitan tomar una correcta postura.

## ***Diseño de herramientas y equipo***

Siempre que sea posible deben usarse guías, sostenes o pedales para que las manos realicen más trabajo productivo. También se debe procurar que dos o más herramientas se combinen en una y que junto con los materiales queden en posición de ser utilizadas fácilmente.

En un trabajo tal como escribir a máquina, en que cada dedo efectúa un movimiento específico, la carga debe ser distribuida de acuerdo con la capacidad inherente a cada uno. Ciertos mangos, como los usados en desarmadores grandes y manivelas, deben diseñarse para permitir que la mano entre en contacto lo más que sea posible con la superficie. Esto es importante cuando al usarlo se ejerce fuerza. Por otro lado, las palancas, los travesaños y manivelas deben colocarse en una posición que permita manejarlas con el menor cambio de postura del cuerpo y con la mayor ventaja mecánica.

## ***Las cinco clases generales de movimientos***

Debe considerarse que, para lograr el máximo aprovechamiento del lugar de trabajo, es importante que los movimientos efectuados por el operador sean los que menos lo fatigan.

Por lo tanto, es conveniente relacionar las zonas de trabajos normales y máximas con las siguientes clases de movimientos:

1. Movimiento en los que sólo se emplean los dedos de la mano.
2. Movimientos en los que sólo se emplean los dedos y la muñeca.
3. Movimientos en los que sólo se emplean los dedos, la muñeca y el antebrazo.
4. Movimientos en los que sólo se emplean los dedos, la muñeca, el antebrazo y el brazo.
5. Movimientos en los que se emplean los dedos, la muñeca, el antebrazo, el brazo y el cuerpo.

Cuando los movimientos efectuados para llevar a cabo una operación pertenecen a las tres primeras clases, se obtendrán mayores ventajas.

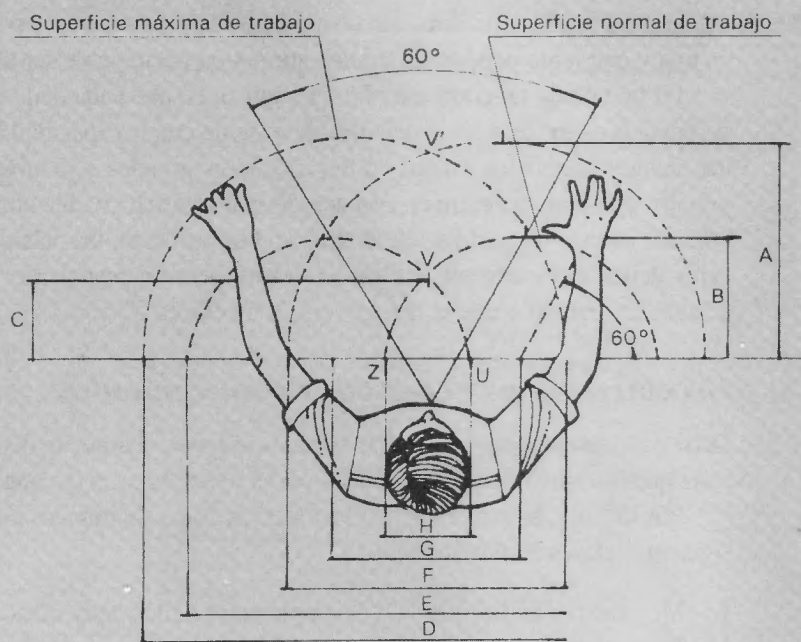
En las figuras 5.40 y 5.41 se presentan las superficies normal y máxima de trabajo tanto vertical como horizontalmente, diferenciados por género.

## ***Hoja para verificar la economía de movimientos y reducir la fatiga***

Realice las siguientes preguntas en todo trabajo; ayudarán a encontrar mejores y más fáciles métodos de hacerlo.

1. ¿Están balanceados los movimientos?
2. ¿Se encuentran las herramientas y los materiales cerca y enfrente del operador?
3. ¿Hay un lugar fijo para cada herramienta?
4. ¿Se entregan los materiales cerca de su punto de uso, por medio de la gravedad?
5. ¿Están los materiales y herramientas en posición previa a su uso?
6. ¿Se retira el material terminado por medio de la gravedad?
7. ¿Existen aditamentos que liberen las manos de sostener las herramientas?





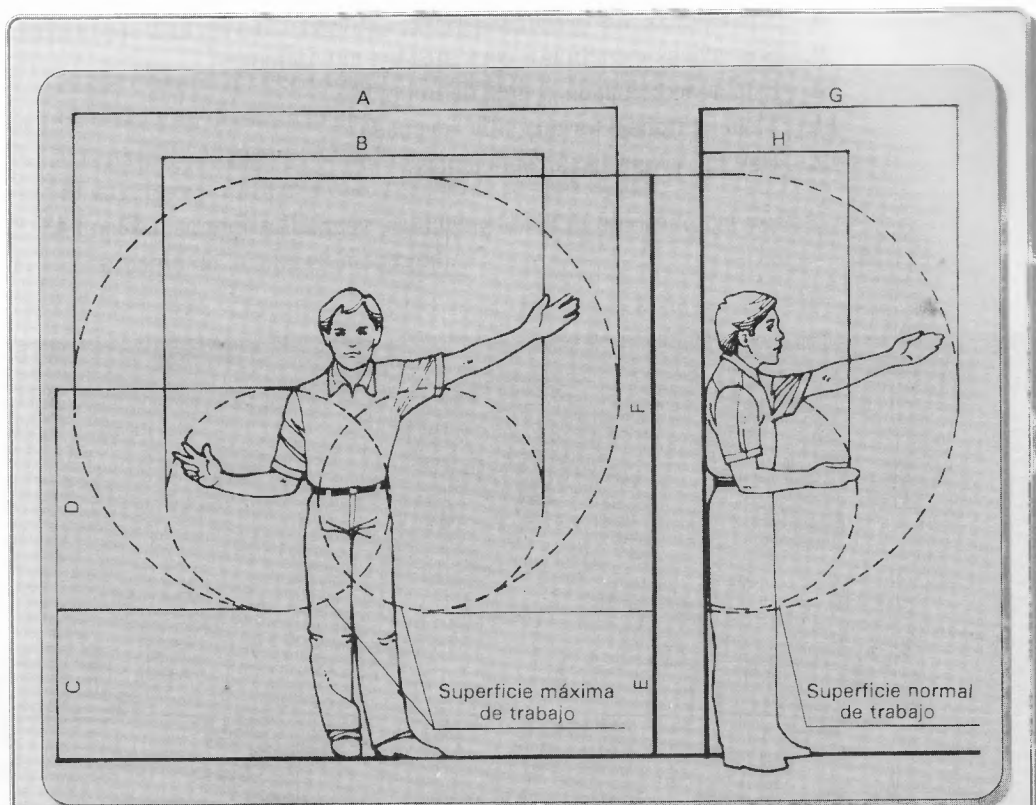
**MUJER**  
TALLA: 1.59 M  
PESO: 54 KG

**HOMBRE**  
TALLA: 1.68 M  
PESO: 68 KG

|   |       |       |
|---|-------|-------|
| A | 0.480 | 0.550 |
| B | 0.300 | 0.335 |
| C | 0.200 | 0.240 |
| D | 1.370 | 1.550 |
| E | 1.100 | 1.350 |
| F | 0.640 | 0.720 |
| G | 0.550 | 0.600 |
| H | 0.200 | 0.240 |

**Figura 5.40**  
Superficies  
normal  
y máxima  
de trabajo  
en el plano  
horizontal.





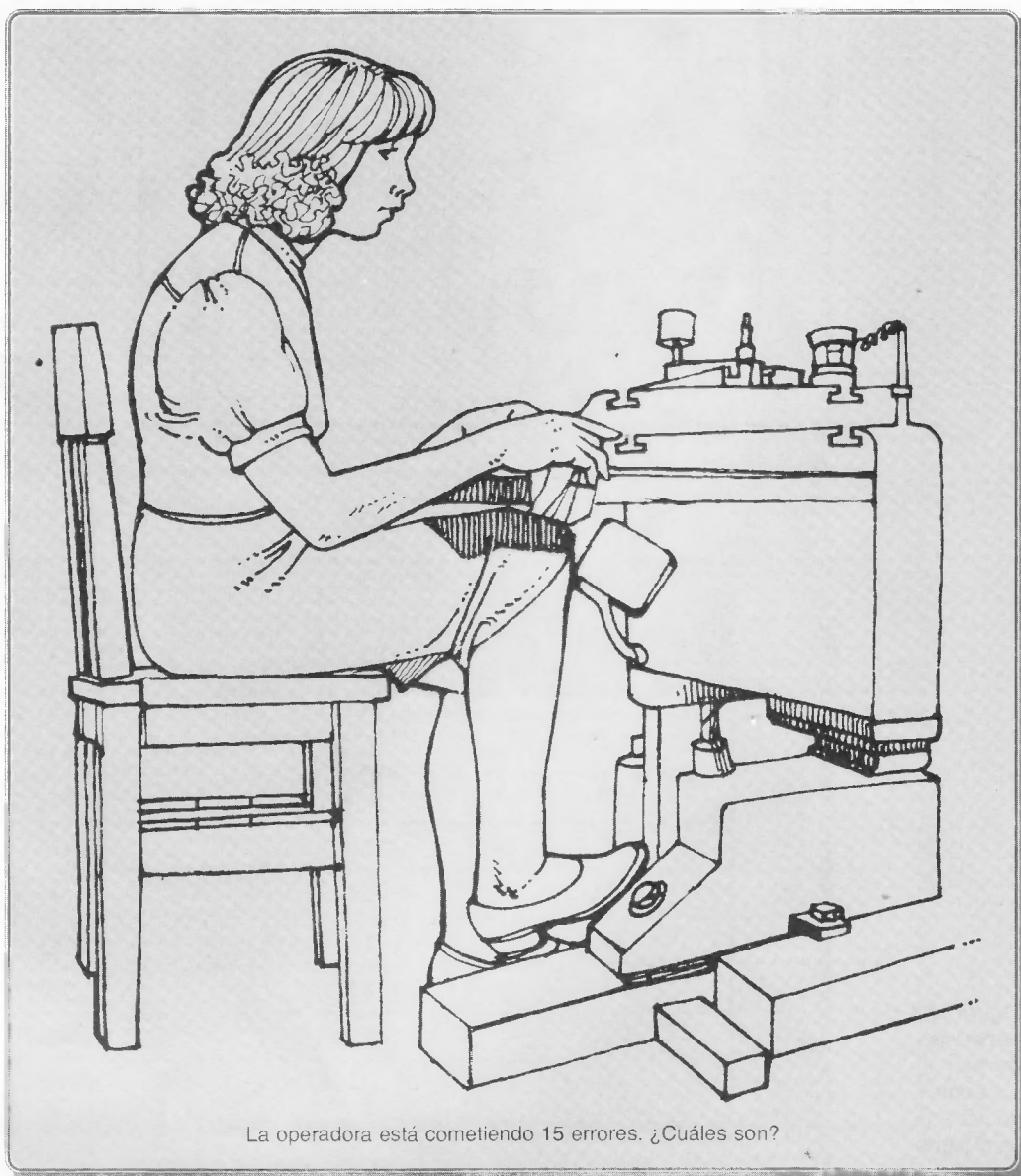
| MUJER         | HOMBRE        |
|---------------|---------------|
| TALLA: 1.59 M | TALLA: 1.68 M |
| PESO: 54 KG   | PESO: 68 KG   |

|   |       |       |
|---|-------|-------|
| A | 1.400 | 1.550 |
| B | 1.100 | 1.350 |
| C | 0.680 | 0.770 |
| D | 0.720 | 0.880 |
| E | 0.630 | 0.700 |
| F | 1.260 | 1.400 |
| G | 0.730 | 0.800 |
| H | 0.430 | 0.500 |

Figura 5.41  
Superficies  
normal  
y máxima  
de trabajo  
en el plano  
vertical.

8. ¿Son rítmicos los movimientos del operador?
9. ¿Son suaves y continuos esos mismos movimientos?
10. ¿Está acondicionada el área de trabajo?
11. ¿Tiene el trabajador una silla adecuada?
12. ¿Hay luz y ventilación suficientes?

Para la aplicación de estas preguntas, véanse las figuras 5.42 y 5.43



**Figura 5.42**  
Problemas  
de errores  
de trabajo.

La operadora está cometiendo 15 errores. ¿Cuáles son?

### Solución del problema de la operadora

1. El pie derecho no tiene soporte adecuado.
2. El pedal está demasiado alto.
3. Las rodillas pueden golpear con la máquina.
4. El ángulo que forman el pie y la pierna es muy agudo.
5. El codo queda más abajo de su altura normal.
6. El respaldo de la silla es incorrecto.



**Figura 5.43**  
Solución  
al problema  
planteado  
en la figura  
5.42.

7. La altura de la silla no es adecuada.
8. El asiento de la silla no está curvado.
9. Las esquinas y bordes de la silla están en ángulo recto.
10. La máquina obstaculiza el paso.
11. El pie izquierdo no está a la misma altura que el derecho, lo que produce una posición no simétrica.
12. El pedal de accionamiento debe ser plano y en forma de pie, no en forma de botón cóncavo, que es resbaladizo.
13. La distancia normal para trabajos de precisión debe ser de 25 a 30 cm.
14. La operación se está ejecutando fuera del área normal de trabajo.
15. Las manivelas son muy pequeñas.

## DISEÑO DE PLANTILLAS Y DISPOSITIVOS

El uso de dispositivos se remonta prácticamente a la aparición del hombre. El cavernícola, comparado con otros seres, era una criatura débil, pero tenía a su favor la inteligencia, la cual le impulsó a tomar huesos de grandes animales muertos, piedras, palos y convertirlos en sus primeros dispositivos para defenderse de sus enemigos naturales. Ello, además, le permitió obtener alimento. Para fines de este curso, un dispositivo es un elemento o conjunto de elementos mecánicos y eléctricos que integrados inteligentemente y con imaginación ayudan a reducir el contenido de trabajo de una operación.

En general, los dispositivos de producción se caracterizan por ser sencillos y relativamente baratos. No obstante, constituyen el fundamento para la mejora de muchas operaciones. Por otro lado, es común que sean ideas originales; es decir, que aunque estén compuestos por elementos conocidos como tornillos, placas de acero, etcétera, en conjunto son innovaciones, lo cual significa que no hay otro igual y que se deben al ingenio de quien los concibió. La siguiente es una clasificación de los dispositivos desde el punto de vista funcional:

- Dispositivos para soporte, colocación y montaje.
- Guía o plantillas.
- Dispositivos para depósito y alimentación de material.
- Conjuntos de cambio rápido.
- Pedales.
- Dispositivos de selección o medición (control de calidad).
- Dispositivos especiales.

Prácticamente cualquier operación manual es susceptible de ser mejorada mediante algún tipo de dispositivo, por lo que el conjunto de dispositivos eficientes y simples para sostener, fijar, colocar, etcétera, que ayuden a elevar el rendimiento de las operaciones manuales, ofrece un campo ilimitado al analista de métodos.

Sin embargo, existen situaciones en las que es obvia la necesidad de contar con un dispositivo, como es el caso de una operación en la que mientras una mano sostiene una pieza

la otra trabaja sobre ella. También cuando hay que cortar repetidas veces un material de una forma o dimensión especial, en cuyo caso se antoja el uso de una plantilla.

Es conveniente que el analista cuente con la ayuda del supervisor del área cuando pretenda diseñar un dispositivo, pues el supervisor es una de las personas que se encuentra más cerca de las operaciones y puede dar opiniones muy importantes que tal vez el analista no conozca.

Inclusive en ocasiones es recomendable tomar en cuenta las sugerencias del operador que ejecuta la tarea.

Por otro lado, generalmente el analista no es un experto en diseño, por lo que el auxilio de un diseñador de herramientas le ayudará a obtener un dispositivo económico.

### ***Consideraciones económicas***

El primer problema al que se enfrenta el analista cuando trata de introducir la idea de trabajar un dispositivo es justificar su uso. Por lo general, la persona encargada de aprobar su fabricación lo primero que pregunta es “cuánto vamos a ahorrar al año”. Sin profundizar en el tema de la rentabilidad de las inversiones, la justificación económica de un dispositivo depende de la diferencia entre ciclo sin el dispositivo y el ciclo con el dispositivo, además del volumen de producción. Sin embargo, existen otros factores tales como los gastos fijos de fabricación.

### ***Consideraciones funcionales***

Dentro de las consideraciones funcionales podemos mencionar las siguientes:

- Localización de la pieza en el dispositivo.
- Prensado de la pieza.
- Versatilidad y normalización del dispositivo.
- Rigidez y simplicidad.
- Facilidad para la carga y descarga de la parte.

### ***Consideraciones de seguridad***

- Desahogos adecuados para desperdicios.
- Capacidad de evitar interferencias.
- Necesidades de enfriamiento y lubricación.
- Facilidad para reemplazar piezas desgastables.
- El plano de la pieza para tomar en cuenta tolerancias.
- Mostrar la colocación de la parte en el *layout* del dispositivo.
- Dibujar correctamente el dispositivo.
- Agregar la información que sea accesoria al dibujo.

Para facilitar una decisión, deben presentarse el costo y los criterios intangibles, de tal manera que sea posible la comparación de las alternativas, para cuyo efecto existen varios méto-

dos que permiten estimar el costo anual total de cada alternativa, el periodo de recuperación de capital y la tasa de retorno requerida. Por ejemplo, una compañía estudia dos tipos diferentes de equipos de pintura para remplazar el método actual de aplicar el acabado exterior a sus productos; los datos son los siguientes:

| ALTERNATIVA | VALOR PRESENTE<br>\$ VP | COSTO ANUAL DE OPERACIÓN<br>\$ CAO | VIDA DE SERVICIO<br>N |
|-------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| p           | \$ 0                    | \$ 38 000.00                       | 5 años                |
| a           | 16 000.00               | 31 000.00                          | 7 años                |
| b           | 11 000.00               | 34 000.00                          | 6 años                |

Para comparar las alternativas anteriores de esta manera, es necesario aplicar la inversión inicial sobre una base anual y después agregarla al costo anual de operación (CAO), para obtener el costo anual total (CAT). Entonces  $CAT = (CAO + VP/N)$ .

Para este ejemplo tenemos:

$$CAT_p = \$38\,000 + \frac{\$0}{5} = \$38\,000 \text{ por año.}$$

$$CAT_a = \$31\,000 + \frac{\$16\,000}{7} \cong \$33\,286 \text{ por año.}$$

$$CAT_b = \$34\,000 + \frac{\$11\,000}{6} \cong \$35\,833 \text{ por año.}$$

Según este método de comparación, la alternativa *a* ofrece el menor costo anual.

En este método se calcula el periodo necesario para que los ahorros acumulados en costos de operación sean iguales al costo inicial de la inversión. O sea, es el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Entonces, una estimación del periodo de amortización del capital es:

$$PAC = \frac{VP}{CAOp - CAOa}$$

en donde  $CAOp$  es el costo de operación del método actual y  $CAOa$  el costo de operación de la alternativa considerada.

Así, en este ejemplo

$$(PAC)_a = \frac{\$16\,000}{\$38\,000 - \$31\,000} \cong 2.3 \text{ años}$$

$$(PAC)_a = \frac{\$11\,000}{\$38\,000 - \$34\,000} \cong 2.75 \text{ años}$$

Por lo tanto, la alternativa *a* tiene un periodo de amortización del capital más corto que la alternativa *b*. Cuando se aplica este método, quien tome la decisión debe analizar si esto es conveniente, comparando con otros posibles usos del capital.

En este método se estima el porcentaje de la inversión inicial que se recuperará anualmente a través de los ahorros en los costos de operación. La TIR será, entonces

$$TIR = \frac{(CAO)_p - (CAO)_a}{(VP)_a}$$

En este ejemplo:

$$(TIR) = \frac{\$38\,000 - \$31\,000}{\$16\,000} \times 100 \cong 45\% \text{ por año.}$$

$$(TIR) = \frac{\$38\,000 - \$34\,000}{\$11\,000} \times 100 \cong 36\% \text{ por año.}$$

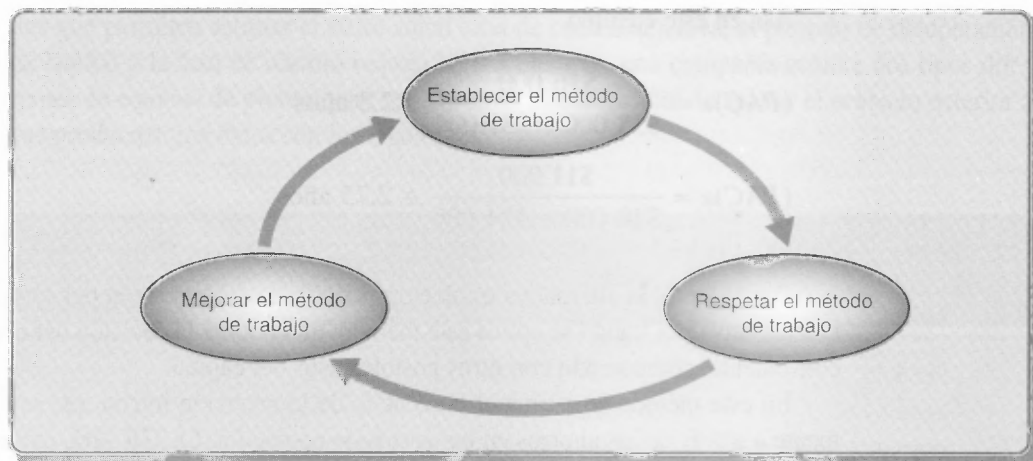
Por consiguiente, se espera que con la alternativa *a* se obtenga un interés de 45% en la inversión, 9% más que con la alternativa *b*.

Debe notarse que éstos son cálculos de inversiones muy simplificados ya que no se tomaron en cuenta factores tan importantes como intereses, impuestos, depreciaciones, etcétera, por lo que para lograr una descripción más definida deben consultarse textos de ingeniería económica.

## ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA HOJA DEL MÉTODO DE TRABAJO

La **hoja de trabajo** pretende servir como base para el cumplimiento y mejoramiento de las operaciones, facilitar la capacitación de los operadores, servir como fuente de consulta durante la realización de las operaciones y ser la base de las auditorías del proceso para elevar la eficiencia de la operación y de la línea de trabajo.

De la necesidad de unificar la forma de llevar a cabo las actividades por parte de los generadores de un producto surge la estandarización, cuya finalidad es evitar desviaciones que puedan ocasionar problemas en las actividades diarias y establecer un procedimiento para



**Figura 5.44**  
Componentes  
del elemento  
de trabajo.

realizar determinada actividad bajo las mismas circunstancias y con el cual obtendremos siempre mejores resultados.

El ciclo de la estandarización está compuesto por tres elementos básicos (ver figura 5.44).

## DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS

### *Primera etapa (establecer la operación estándar)*

Para cubrir esta etapa es muy importante que exista una fluida comunicación entre el operador y el supervisor, para llegar a establecer una operación que permita el logro de los objetivos propuestos.

### *Segunda etapa (respetar la operación estándar)*

Esta etapa es la más importante del ciclo de la estandarización, ya que podemos encontrar la mejor operación, pero ésta no generará ningún beneficio si el operador no trabaja con base en ella.

### *Tercera etapa (mejorar la operación estándar)*

En el momento de elaborar la hoja, es importante que el operador busque cómo mejorar la operación, recordando que siempre hay una mejor manera de hacer las cosas.

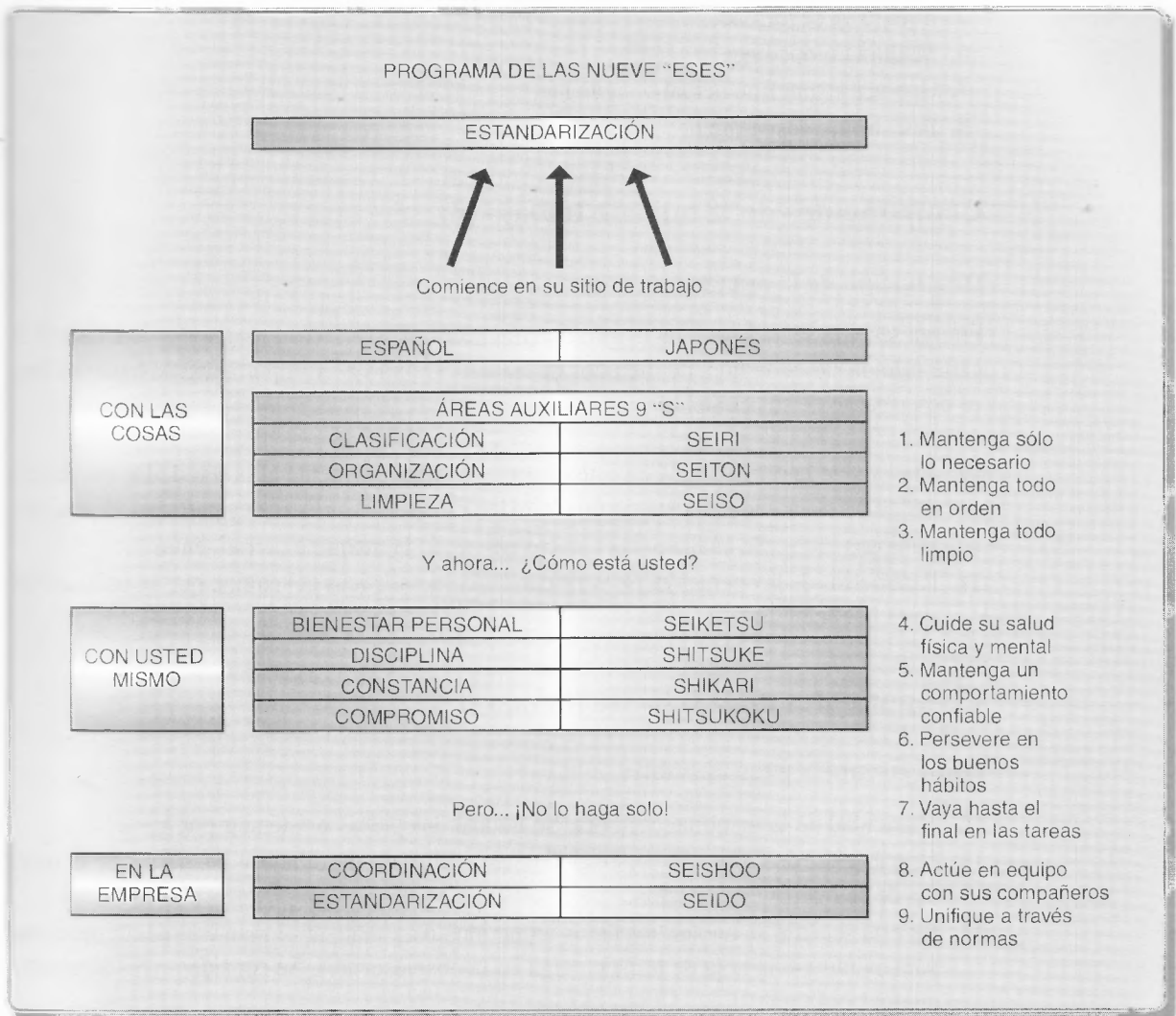
## RELACIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN CON OTRAS ACTIVIDADES

Un área que cumple con las “nueve eses” nos proporcionará las condiciones necesarias para que el operador pueda desarrollar sus actividades siempre de la misma manera.

Como se observa, no sólo el área de producción deberá estar involucrada para tener una buena estandarización, sino que todas las áreas auxiliares reflejarán el éxito de la misma.



Figura 3.45 Programa de las "nueve eses".



## Componentes de la hoja de trabajo (A)

### Identificación

En esta sección se anotan todos los datos que identifiquen fácilmente la operación a la que corresponde el método que se va a explicar; incluye los siguientes puntos:

1. Nombre de la empresa.
2. Fecha de elaboración.
3. Nombre de la parte a trabajar.

4. Descripción del cliente.
5. Equipo de seguridad.
6. Máquina u opciones.
7. Operación anterior, actual y siguiente.
8. Peso bruto, desperdicio.

## Componentes de la hoja de trabajo (B)

### Descripción de la operación

En esta sección se incluye toda la información necesaria para realizar la operación. Ésta es la parte primordial de la hoja de métodos de trabajo. Debido a su importancia se hará una breve descripción de sus contenidos:

9. Análisis de la operación. Consiste en estudiar detalladamente el orden de los movimientos de las operaciones. Ésta facilita la extracción de los principales pasos en el proceso.
10. Puntos críticos. Se analizan las características de la máquina herramienta.
11. Parámetros de la operación. Se verifican las características del equipo que se utilizará durante la operación.

## Componentes de la hoja de trabajo (C)

### Otros controles y responsables

12. Capacidad de la máquina por hora. Se indican las piezas o estándar por hora.
13. Distribución de medios y personal (*lay-out*). Muestra un dibujo y las partes de la pieza donde se realiza la operación.
14. En esta sección se anotan los datos requeridos para realizar el mantenimiento necesario para evitar que la hoja de trabajo caiga en la obsolescencia. Se consideran los siguientes puntos:

- Fecha de elaboración
- Nombre de la persona que lo elaboró
- Nombre de la persona que lo revisó
- Fecha de revisión
- Jefe de área
- Número de revisión

Todas estas características se presentan en la figura 5.46, en donde se presenta una hoja de proceso estandarizada:

Figura 5.46 Hoja de proceso estandarizada.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                               |                                                                                          |                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b><br>ITP LABORATORIO DE MÉTODOS    HOJA DE PROCESO<br>DEPTO. DE INGENIERÍA                                                                                                                                                                                                                                                                              |  | FECHA DEL PLANO:<br><b>2</b>                                                                                  | No. DE PARTE <b>3 - 4</b><br>DESCRIPCIÓN: CAJA ENGRAPADORA<br>CLIENTE:<br>COMPONENTE DE: |                                                                                                               |
| EQUIPO DE SEGURIDAD: <b>5</b><br>CUANTES <input checked="" type="checkbox"/> TAPONES AUDITIVOS <input checked="" type="checkbox"/> PETO <input type="checkbox"/><br>BOTAS <input checked="" type="checkbox"/> COFIA <input type="checkbox"/> GAFAS <input type="checkbox"/><br>FAJILLA <input checked="" type="checkbox"/> CUBREBOCAS <input type="checkbox"/> |  | MÁQUINA:<br>Prensa Weingarten #1 <b>6</b><br>de 160 ton.<br>OPCIONES:<br>1 Prensa Versión de 160 ton #20<br>2 |                                                                                          | OP. ANTERIOR: ALMACEN DE MATERIA PRIMA <b>7</b><br>OP. ACTUAL: ELABORACIÓN DE CAJA<br>SIGUIENTE OP: NIQUELADO |
| PESO BRUTO: Kg    PESO NETO: Kg <b>8</b> DESPERDICIO: %                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |                                                                                                               |                                                                                          |                                                                                                               |

| <b>9</b><br>DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>10</b><br>PUNTOS CRÍTICOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | CAPACIDAD DE MÁQ./PZAS./HR: 460 <b>12</b> PERSONAS A UTILIZAR <b>1</b><br>DISTRIBUCIÓN DE MEDIOS Y PERSONAS (LAY-OUT) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A) Colocar a tres contenedores del lado derecho del engrapador sobre un banco.</p> <p>B) Tomar 1 rollo colocándolo sobre la mesa de la prensa.</p> <p>C) Aplicar lubricante para troquelado sobre la pieza en las zonas a punzonar.</p> <p>D) Tomar e introducir una pieza de izquierda a derecha por las guías del troquel de acuerdo a la forma de la pieza y empujarla a tope con el tubo.</p> <p>E) Accionar el pedal de la prensa para realizar la operación.</p> <p>F) Retirar la pieza punzonada empujándola por el extremo derecho y colocarla en un contenedor metálico de color gris con 40 piezas cada una para enviarla a la siguiente operación.</p> <p>Estas serían identificadas por tarjetas de colores:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Morada</li> <li>2. Melón</li> <li>3. Azul</li> </ol> <p>G) Anotar cada hora su producción, según el registro de producción</p> <p>H) Deberá revisar la pieza de acuerdo al instructivo de calidad</p> | <p>Afilado de punzones<br/>         Cantramiento del troquel sobre mesa<br/>         Posición y sujeción del a pieza en el dispositivo</p> <hr/> <p style="text-align: center;">PARÁMETROS DE OPERACIÓN</p> <p>1 troquel de doblez para la pieza <b>11</b></p> <p>Carrera = 91 mm<br/>         L = 315 mm<br/>         A = 300 mm<br/>         H = 500 mm ABIERTA<br/>         H = 37 mm CERRADA</p> | <p style="text-align: right;">Caja ENGRAPADORA</p>                                                                    |

|            |            |          |       |            |
|------------|------------|----------|-------|------------|
| <b>14</b>  |            |          |       |            |
| R. RAMÍREZ | R. CRIOLLO | MARBELLA |       |            |
| ELABORÓ    | FECHA      | REVISÓ   | FECHA | No. REVIS. |

NOTA. Todo cambio en el proceso deberá ser notificado a ingeniería.

Figura 5.47 Problema 5.15.

**PROBLEMAS TÍPICOS DE ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS**

**1**

Escriba en las vistas superiores las letras correspondientes a las representaciones comunes.

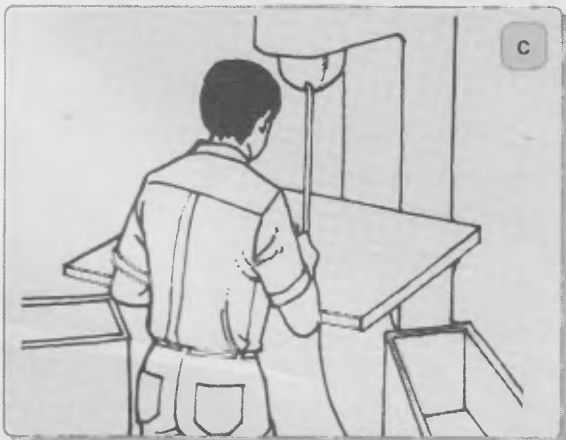
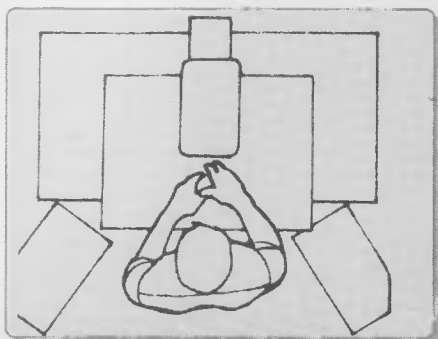
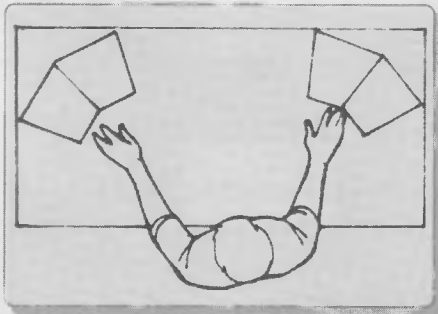
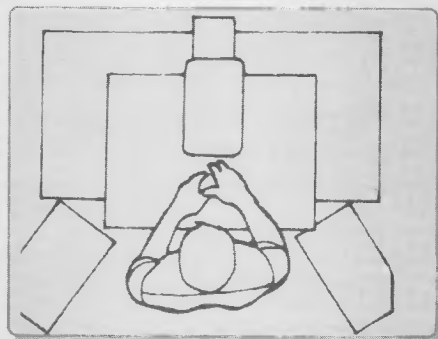
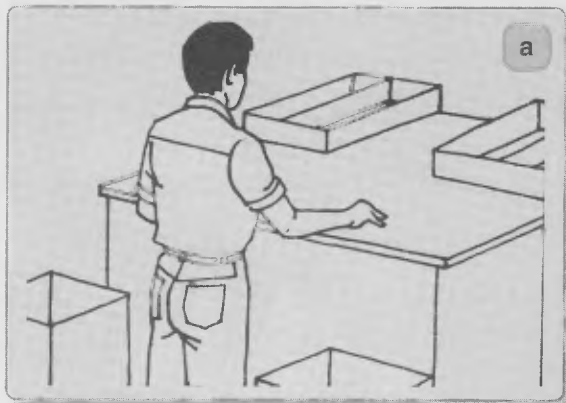


Figura 5.48 Problema 5.16.

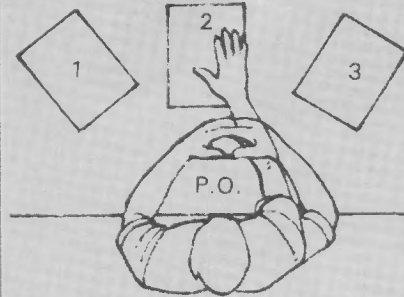
2

Observe el ejemplo A y describa brevemente los movimientos de la mano izquierda y derecha, en los ejemplos B y C

Mano izquierda

Permanece inmóvil

a

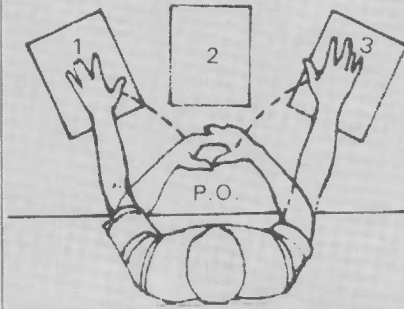


Mano derecha

Va del punto de operación (P.O.) hacia el depósito 2

Mano izquierda

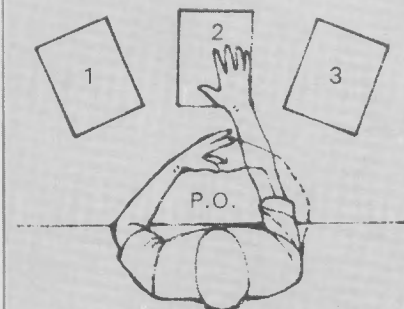
b



Mano derecha

Mano izquierda

c



Mano derecha

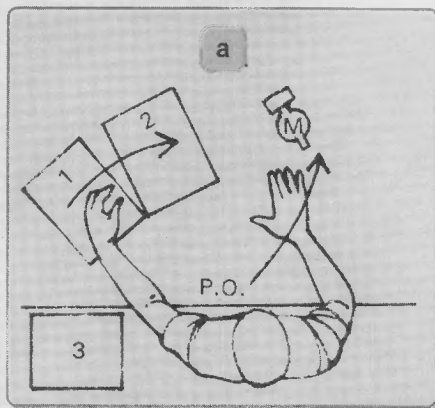
Figura 5.49 Problema 5.17.

3

Observe el ejemplo A y describa en forma similar los movimientos de las manos en los ejemplos B y C.

Mano izquierda (M. I.)

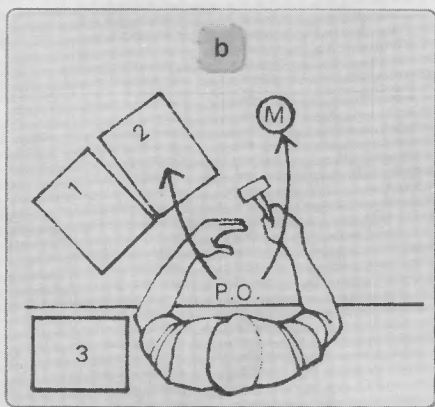
Va del depósito 1 hacia el depósito 2.



Mano derecha (M.D.)

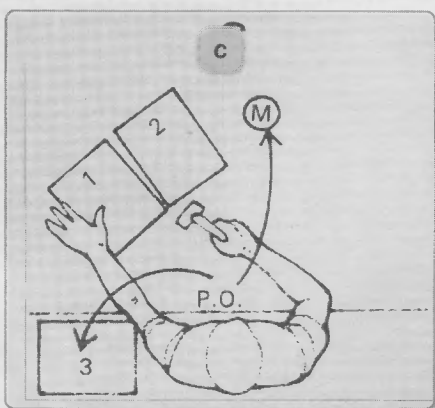
Va del punto de operación (P.O.) hacia el martillo.

Mano izquierda (M. I.)



Mano derecha (M.D.)

Mano izquierda (M. I.)



Mano derecha (M.D.)

Figura 5.50 Problema 5.18.

4

Encierre en un círculo las letras correspondientes de los casos que requieren movimientos de primera categoría.

a



Movimientos de la mano derecha para disparar un fusil (apretar el gatillo).

b



Movimientos para escribir a máquina.

c



Movimientos para ejecutar una escala ascendente en un piano.

d



Movimientos de la mano derecha para transmitir un mensaje por telégrafo (clave morse).



Figura 5.51 Problema 5.19.

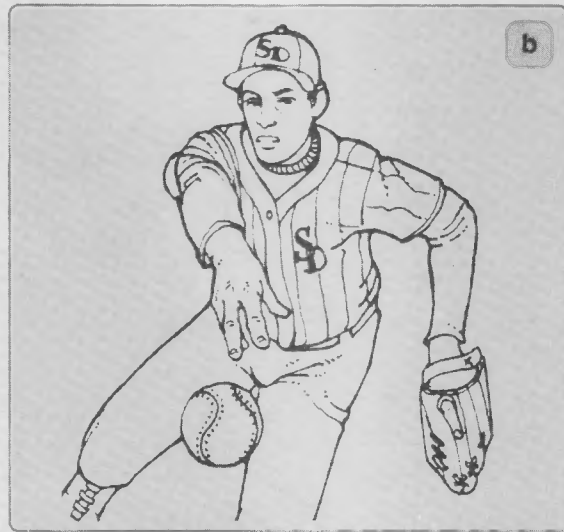
5

Encierre en un círculo las letras de los casos que requieren movimientos de segunda categoría.



a

Movimientos para golpear el bongo.



b

Movimientos para lanzar una pelota.



c

Movimientos de la mano derecha para marcar cantidades en una sumadora.



d

Movimientos de la mano derecha para trazar una línea horizontal larga.

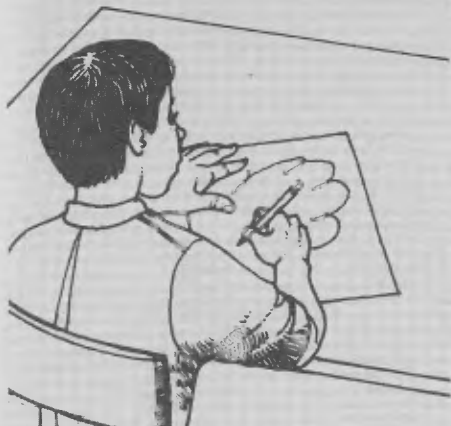


Figura 5.52 Problema 5.20.

6

Encierre en un círculo las letras de los casos en que se requieran movimientos de tercera categoría.

a



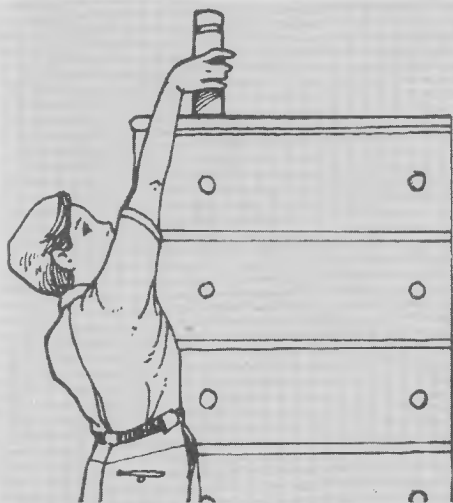
Movimientos de la mano derecha para rayar sobre una hoja tamaño carta.

b



Movimientos de un boxeador para lanzar un jab o un recto de derecha.

c



Movimientos de la mano derecha para alcanzar un objeto alto.

d



Movimientos de la mano para escribir una carta.

Figura 5.53 Problema 5.21.

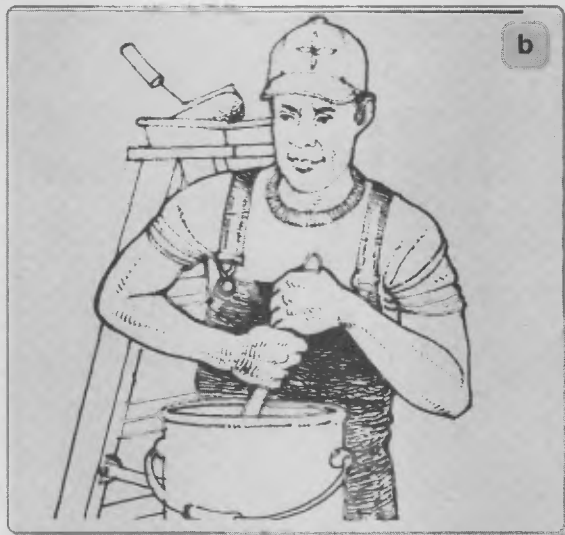
7

Encierre en círculos las letras correspondientes a los casos de movimientos de cuarta categoría.



a

Tomar piezas de recipiente 1 y pasarlas al recipiente 2.



b

Revolver la pintura en un bote con un pedazo de madera.



c

Estando de pie, levantar una barra desde el pecho y llevarla sobre la cabeza.



d

Ejecutar una pieza para piano.

Encierre en círculos las letras de los casos que corresponden a movimientos de quinta categoría.

8



Movimientos de la mano derecha para retocar un cuadro.



Movimientos para remar.



Traspalar carbón de un montón a la boca de un horno próximo.



Movimientos de la mano derecha para sellar documentos con sello de goma y cojín de tinta.

Figura 5.55 Problema 5.23.

8

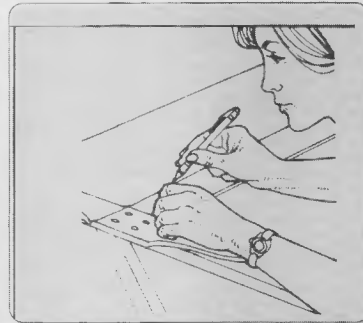
Clasifique, escribiendo el número correspondiente, la categoría de los movimientos en los casos mostrados. Los movimientos más complejos que los de quinta categoría márkelos con una S.



Movimientos para escribir a máquina.



Movimientos para tocar el piano.



Movimientos de la mano derecha para trazar una línea horizontal larga.



Movimientos de la mano derecha para alcanzar un objeto alto.



Movimientos de la mano derecha para retocar un cuadro.



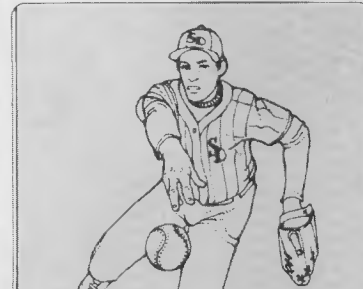
Movimientos de la mano derecha para sellar documentos.



Movimientos de la mano derecha para hacer funcionar un silbato de locomotora.



Movimientos de un boxeador para lanzar un jab o un recto de derecha.



Movimientos para lanzar una pelota.

Figura 5.56 Problema 5.24.

10

Encierre en círculos las letras correspondientes a las aseveraciones que usted considere correctas.

- a) Los movimientos de una mano que se realizan totalmente dentro del espacio normal de trabajo son de primera categoría.
- b) Los movimientos de una mano que se realizan totalmente dentro del espacio normal de trabajo son de tercera categoría como máximo, generalmente.
- c) Los movimientos de una mano que se inician dentro del espacio normal de trabajo y terminan fuera de él son, cuando menos, de cuarta categoría.
- d) Los movimientos de una mano que se inician dentro del espacio normal de trabajo y terminan fuera de él son siempre de quinta categoría.

11

Encierre en círculos las letras de las aseveraciones que considere ciertas.

- a) Todo movimiento de una mano que se realice dentro del espacio máximo de trabajo es, cuando más, generalmente de cuarta categoría.
- b) Todo movimiento de una mano que se realice dentro del espacio máximo de trabajo es siempre de cuarta categoría.
- c) Todo movimiento de una mano que se inicia dentro del espacio máximo de trabajo y terminan fuera de él es, cuando menos, de quinta categoría.
- d) Todo movimiento de una mano que se realiza fuera del espacio máximo de trabajo es, cuando menos, de quinta categoría.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alford-Bangs, *Manual de la producción*, Hispanoamericana, 2a. ed., México, 1969.
- Barnes, M. Ralph, *Estudio de movimientos y tiempo*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.
- H.B. Maynard, *Manual de ingeniería de la producción industrial*, Reverté, 1a. ed., México, 1960.
- Niebel, W. Benjamin, *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfaomega, 3a. ed., México, 1990.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.
- Sánchez Mejía, Carlos, *Apuntes de estudio del trabajo*, UNAM, México, 1989.
- Treviño U., Jaime, *Ingeniería de métodos*, ITESM, México, 1980.

## Cómo examinar o analizar una operación

Alcanza el éxito aquel que vive con plenitud, ríe con frecuencia y ama intensamente; quien se gana el respeto de las personas y el cariño de los niños; que al abandonar el mundo terrenal, deja huella de haberlo mejorado; quien siempre sabe apreciar la belleza del universo y la puede expresar, logra descubrir lo bueno de sus semejantes y ha dado lo mejor de sí mismo; cuya vida ha sido una inspiración, cuyo recuerdo es una bendición.

B. A. Stanley

### OBJETIVOS

- ▼ Descubrir las etapas del proceso de análisis de operación.
- ▼ Indicar las ventajas y limitaciones de dicho proceso.
- ▼ Aplicar las etapas del examen crítico al proceso.
- ▼ Revisar los formatos del examen crítico.
- ▼ Describir qué es un análisis de valía.
- ▼ Indicar las ventajas y limitaciones del mismo.
- ▼ Aplicar las etapas del análisis de valía.

## RAZONES QUE INDUCEN A REALIZAR UN ANÁLISIS DE TRABAJO

**Instrucción en el trabajo.** Mediante un análisis del trabajo, los operadores y jefes de bajo rango pueden ser instruidos mucho más rápidamente que mediante explicaciones orales, debido a que dicho análisis nos da una idea clara y sencilla de la operación. Además, como durante el análisis se anotan todos los detalles, garantiza que el alumno reciba una información completa.

**Diseño de útiles y herramientas.** Dado que el análisis del trabajo aspira a determinar el método más eficaz en las circunstancias dadas, el proyectista de los útiles y herramientas puede servirse de él para imaginarse todos los movimientos del operador y adaptar su diseño a los mismos.

**Documentación del método de trabajo.** Con una sola vez que se analice y registre el trabajo, es posible reproducirlo en cualquier momento y obtener una réplica fiel de la disposición original de los útiles, máquinas y productos.

El objetivo fundamental del análisis del trabajo, es, sin embargo, el **perfeccionamiento de los métodos de trabajo** y para ello se ha creado el análisis del trabajo y ante esto las tres primeras razones mencionadas son de importancia secundaria.

#### **Objetivos del análisis del trabajo:**

- a) Perfeccionar método trabajo.
- b) Instrucción en el trabajo.
- c) Diseño de útiles y herramientas.
- d) Documentación del método de trabajo.

## **TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DEL TRABAJO**

Existen diversas técnicas para analizar el trabajo, pero las principales son dos:

1. La técnica de la actitud interrogante.
2. La lista de comprobación de análisis.

### **Técnica de la actitud interrogante**

Sea cual fuere el objetivo del análisis del trabajo, el analista siempre debe preguntarse: ¿Es necesaria la operación?, ¿puede eliminarse?, ¿puede combinarse con otra?, ¿puede cambiarse el orden?, ¿puede simplificarse?

### **Lista de comprobación de análisis**

La siguiente guía es muy importante para apoyar la técnica de la actitud interrogante:

#### **Comprenda**

- ¿Qué se logra?
- ¿Dónde se hace?
- ¿Quién lo hace?
- ¿Cómo se hace?

#### **Analice**

- ¿Es necesario?
- ¿Por qué ahí?
- ¿Por qué esa persona?
- ¿Por qué de esa manera?



## Cómo examinar o analizar una operación

Existen diversas formas de analizar una operación, pero en todas ellas es necesario:

- Ser cautelosos con lo que se ve.
- Colocar el trabajo en el banquillo de los acusados y que se justifique de la siguiente forma:

|             |              |
|-------------|--------------|
| <b>Sí</b>   | <b>No</b>    |
| Con hechos  | Con palabras |
| Con causas  | Con efectos  |
| Con razones | Con excusas  |

En las figuras 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 se presentaron las más importantes cuestiones que se debe formular quien intente analizar un trabajo.

| DATOS            | PREGUNTAS                                                                                                                                                                  | INTENCIÓN            |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| ¿Qué se hace?    | ¿Por qué se hace?<br>¿Es necesario hacerlo?<br>¿Cuál es la finalidad?<br>¿Qué otra cosa podría hacerse para alcanzar el mismo resultado?                                   | Eliminar             |
| ¿Dónde se hace?  | ¿Por qué se hace ahí?<br>¿Se conseguirían ventajas haciéndolo en otro lado?<br>¿Podría combinarse con otro elemento?<br>¿Dónde podría hacerse mejor?                       |                      |
| ¿Cuándo se hace? | ¿Por qué se hace en ese momento?<br>¿Sería mejor realizarlo en otro momento?<br>¿El orden de las acciones es el apropiado?<br>¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden? | Combinar y reordenar |
| ¿Quién lo hace?  | ¿Tiene las calificaciones apropiadas?<br>¿Qué calificaciones requiere el trabajo?<br>¿Quién podría hacerlo mejor?                                                          |                      |
| ¿Cómo se hace?   | ¿Por qué se hace así?<br>¿Es preciso hacerlo así?<br>¿Cómo podríamos hacerlo mejor?                                                                                        | Simplificar          |

Figura 6.1  
Cuestionario  
para examinar  
críticamente el  
método de  
trabajo utilizado.



## LISTA DE COMPROBACIÓN PARA EL ANÁLISIS

Operación: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Analizado por: \_\_\_\_\_

| Preguntas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sí | No | Notas |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-------|
| <p><i>Materiales</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Podrían sustituirse los que se utilizan por otros más baratos?</li> <li>2. ¿Se recibe el material con características uniforme y está en buenas condiciones al llegar al operador?</li> <li>3. ¿Tiene las dimensiones, peso y acabado más adecuado y económico para su mejor utilización?</li> <li>4. ¿Se utilizan completamente los materiales?</li> <li>5. ¿Se podría encontrar alguna utilización para los residuos y desperdicios?</li> <li>6. ¿Podría reducirse el número de almacenamientos del material o alguna de las partes del proceso?</li> </ol>      |    |    |       |
| <p><i>Manejo de materiales</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Podría reducirse el número de manipulaciones a que están sometidos los materiales?</li> <li>2. ¿Podría acortarse las distancias por recorrer?</li> <li>3. ¿Se reciben, mueven y almacenan los materiales en depósitos adecuados y limpios?</li> <li>4. ¿Hay retraso en la entrega de los materiales a los obreros?</li> <li>5. ¿Podría relevarse a los obreros del transporte de materiales usando transportadores?</li> <li>6. ¿Podrían reducirse o eliminarse los retrasos que experimenta el material durante su transporte en la fábrica?</li> </ol> |    |    |       |

**Figura 6.2**  
Lista de  
comprobación  
para el análisis.

| Preguntas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sí | No | Notas |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-------|
| 7. ¿Sería posible evitar el transporte de los materiales mediante el reajuste de ciertas operaciones?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |    |       |
| <p><i>Herramientas y otros accesorios</i></p> <p>1. Las herramientas que se emplean, ¿son las más adecuadas para el trabajo que se realiza?</p> <p>2. ¿Están todas las herramientas en buenas condiciones de utilización?</p> <p>3. ¿Están bien afiladas las herramientas que se utilizan para cortar?</p> <p>4. ¿Se podrían cambiar por otras las herramientas y otros accesorios para disminuir el esfuerzo?</p> <p>5. ¿Se utilizan ambas manos en trabajo realmente productivo con el empleo de las herramientas disponibles?</p> <p>6. ¿Se emplea toda clase de accesorios convenientes, tales como transportadores, plano inclinado, soportes apropiados, etc.?</p> <p>7. ¿Podría hacerse algún cambio técnico importante para simplificar la forma proyectada para la ejecución del trabajo?</p> |    |    |       |
| <p><i>Maquinaria</i></p> <p>a) Montaje</p> <p>1. ¿Podría cada operador montar su propia maquinaria?</p> <p>2. ¿Podría reducirse el número de montajes adecuando los lotes de producción?</p> <p>3. ¿Se obtienen oportunamente los dibujos, herramientas y aparatos de medición?</p> <p>4. ¿Se producen retrasos en la comprobación de las primeras piezas producidas?</p> <p>b) Operaciones o trabajos</p> <p>1. ¿Puede eliminarse alguna operación?</p> <p>2. ¿Podría aumentar la producción?</p> <p>3. ¿Puede aumentar la alimentación o velocidad de la máquina?</p> <p>4. ¿Podría utilizarse un alimentador automático?</p>                                                                                                                                                                        |    |    |       |

Figura 6.2.  
(continuación)

| <i>Preguntas</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <i>Sí</i> | <i>No</i> | <i>Notas</i> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|
| 5. ¿Podría subdividirse la operación en otras de dos o más de menor duración?<br>6. ¿Podrían combinarse dos o más operaciones en una sola?<br>7. ¿Podría disminuirse la cantidad de trabajo inútil o mal aprovechado?<br>8. ¿Podría adelantarse alguna parte de la operación siguiente?<br>9. ¿Podrían eliminarse o reducirse las interrupciones?<br>10. ¿Podría combinarse la inspección con otra operación?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |           |              |
| <i>Operadores</i><br>1. ¿Está el obrero calificado favorablemente tanto mental como físicamente para realizar su trabajo?<br>2. ¿Se podría eliminar la fatiga innecesaria mediante condiciones o disposiciones del trabajo?<br>3. Los salarios base ¿son los adecuados para esta clase de trabajo?<br>4. ¿Es satisfactoria la inspección?<br>5. ¿Podría mejorar su trabajo el operador instruyéndolo convenientemente?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |           |              |
| <i>Condiciones de trabajo</i><br>1. ¿Son adecuadas para el trabajo la iluminación, la calefacción y la ventilación?<br>2. ¿Son apropiados los cuartos de aseo, armarios, cortinas y ventanas?<br>3. ¿Hay algún riesgo innecesario en el trabajo?<br>4. ¿Se ha previsto lo conveniente para que el obrero pueda trabajar indistintamente de pie o sentado?<br>5. ¿La jornada de trabajo y los periodos de descanso son los más económicos?<br>6. ¿Las máquinas están pintadas adecuadamente?<br>7. ¿Existe confort en el área de trabajo?<br>8. ¿Son apropiados los estantes para guardar las herramientas?<br>9. ¿Existe limpieza en el área de trabajo?<br>10. ¿Existe seguridad para que el obrero realice su trabajo adecuadamente? |           |           |              |

**Figura 6.2.**  
(continuación)

### ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN

|                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Departamento: _____ Fecha: _____<br>Sección: _____ Producción anual: _____<br>Descripción de la operación: _____ Analista: _____<br>Supervisor: _____                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                   |
| ¿Puede hacerse mejor?<br>¿Puede el proveedor hacerla más económica?                                                                                                                                                                   | 1. Propósito de la operación.                                                                                                                                                                                                     |
| ¿Puede eliminarse?<br>¿Puede hacerse en otro departamento?<br>¿Puede hacerla otro trabajador?<br>¿Son la tolerancia y el acabado necesarios?<br>¿Son demasiado caros?<br>¿Son apropiados para el fin propuesto?<br>¿Hay desperdicios? | 2. Operaciones ejecutadas.<br>a) Antes de la analizada.<br>b) Después de la analizada.<br>Diagrama del proceso de la operación No.<br>3. Requisitos de la inspección.<br>a) De la anterior.<br>b) De ésta.<br>d) De la siguiente. |
| Es necesario considerar tamaño, calidad costo y forma<br>¿Es apropiado?<br>¿Hay desperdicios?                                                                                                                                         | 4. Material                                                                                                                                                                                                                       |
| ¿Pueden emplearse medios mecánicos?<br>¿Puede emplearse la gravedad?<br>¿Son adecuados los recipientes en que se manejan?<br>¿Es adecuado el plan de distribución?                                                                    | 5. Manejo de materiales                                                                                                                                                                                                           |
| ¿Cómo se dan las instrucciones y se reparten las herramientas?<br>¿Existe mucho papeleo?<br>¿Se usa el mejor equipo?<br>¿Se usan dispositivos de sostén?<br>¿Se usan herramientas especiales?                                         | 6. Preparación                                                                                                                                                                                                                    |
| Planos inclinados<br>Entregar soltando<br>Trabajar en zona normal<br>Comparar métodos empleados por otros operadores<br>Utilizar ambas manos<br>Utilizar pedales                                                                      | 7. Mejoras generales                                                                                                                                                                                                              |

Figura 6.3  
Análisis de la  
operación.

- Postura de trabajo
- Silla apropiada
- Luz
- Calefacción y ventilación
- Agua potable y vasos
- Servicios sanitarios
- Seguridad en el trabajo
- Adiestramiento adecuado
- Instrucciones correctas
- ¿Existen retrasos?
- Salarios e incentivos
- Lote económico
- Equipo contra incendio
- Protección individual
- Limpieza en el área de trabajo

## 8. Condiciones de trabajo

Distribución del lugar de trabajo  
Herramientas y materiales  
¿Se aplica la economía de movimientos?

### 9. Método (Descripción con esquema)

## 10. Recomendaciones

Figura 6.3

(continuación)

| ESTUDIO DEL MÉTODO DE TRABAJO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |    |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|---------------|
| <div style="text-align: right; margin-bottom: 10px;">Clave: _____</div> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>Departamento: _____</p> <p>Sección: _____</p> <p>Producto: _____</p> <p>Descripción de operación: _____</p> <p>Equipo y herramienta: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> </div> <div style="flex: 1; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 10px;"> <p style="text-align: center; margin-top: 0;">Área de trabajo</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> </div> </div> |    |    |               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sí | No | Observaciones |
| 1. ¿La serie justifica el análisis?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |               |
| 2. ¿Puede eliminarse la operación?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |    |               |
| 3. ¿Se puede efectuar en otro departamento la operación?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |    |               |
| 4. ¿El material que se usa es el que indica la información técnica?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |               |
| 5. ¿Es adecuada el área de trabajo?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |    |               |
| 6. ¿Están funcionando bien las herramientas y máquinas?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |    |               |
| 7. ¿El método sigue los principios de economía de movimientos?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |    |               |
| 8. ¿Puede combinarse la operación?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |    |               |
| 9. ¿Puede hacerse la operación de otra forma?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |    |               |
| 10. ¿Es la secuencia de las operaciones la mejor posible?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |    |               |
| 11. ¿Está el operador usando debidamente su tiempo disponible durante el ciclo de la máquina?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |    |               |
| 12. ¿Se observan los principios de seguridad y se emplea el equipo protector adecuado (guantes, etcétera)?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |    |               |
| 13. ¿Cumple el método los requisitos de calidad?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |    |               |
| 14. ¿Es correcto el manejo de material?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |    |               |
| 15. ¿Es satisfactorio el desempeño del operador?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |    |               |

**Figura 6.4**  
Formato  
para estudiar  
métodos de  
trabajo.

## ANÁLISIS DE VALÍA

El análisis de valía es un nuevo instrumento de administración que puede significar un ataque sistemático a los costos de los componentes, es decir, es un enfoque que puede rendir utilidades. Si los elementos componentes de sus productos le cuestan más de lo que deberían, tal vez un análisis de valía pueda serle de provecho.

El análisis de valía, o evaluación técnica, es un acercamiento sistemático a la reducción de los costos durante el cual las piezas, los materiales y los trabajos de fabricación son examinados para determinar su valor para el producto. En el presente caso, la expresión *valía* (*valúe*) se define como el costo más bajo para la función o componente, en consonancia con la calidad y rendimiento requeridos.

La diferencia principal entre el análisis de valía y la reducción de los costos corrientes es que hace hincapié en la función. Cuando las funciones de un componente son claramente entendidas, la puerta está abierta para lograr economías mediante el descubrimiento de otros métodos de ejecutarlas.

Cuando se consideran los diversos métodos nunca debe sacrificarse en aras del funcionamiento la calidad y la seguridad del trabajador. El objeto principal del análisis de valía es conseguir un rendimiento de igual o mejor calidad a menor costo. En muchas ocasiones, economizar en los componentes significa deteriorar la calidad del producto, lo cual no es el objetivo de un análisis de valía eficaz.

Una compañía no precisa ser una empresa gigantesca para emplear el análisis de valía. La misma actitud indagadora y de determinación para hallar un medio mejor o más barato puede resultar provechoso tanto para la pequeña empresa como para los colosos industriales.

Para el pequeño industrial, la mejor manera de utilizar este nuevo acercamiento es asignar a un ingeniero la responsabilidad de estudiar los productos nuevos y antiguos para que éste obtenga la máxima valía de cada componente.

## PLAN DE ACCIÓN

El primer paso en un análisis de valía es determinar qué es lo que tiene que hacer el producto y qué es lo que el cliente realmente necesita o desea de él. Para ello deben “inventariarse” las características deseables, de tamaño, peso, aspecto, durabilidad, etcétera.

Con estos datos a mano se obtiene toda la demás información pertinente que comprenda los costos, cantidades, dibujos, especificaciones, tarjetas de planeación, métodos de fabricación, muestras de las piezas y conjuntos, cuando ello sea posible. Si el producto es nuevo, se hacen croquis y dibujos preliminares así como cálculos de costos.

El ingeniero proyectista debe ser consultado y discutir con él la técnica fundamental del producto hasta que el analizador de valía entienda perfectamente las razones que le asisten para proyectar el producto. El tiempo que debe invertirse en cada uno de los factores del costo debe repartirse de acuerdo con las cantidades, costos y otra información relacionada.

Luego se da rienda suelta a la imaginación. Se celebran reuniones con las personas que están relacionadas con el asunto, con el único objeto de que expongan nuevas ideas, distintas

maneras de abordar el problema, diferentes procedimientos aplicables a los diversos materiales adecuados.

Toda sugerencia que tenga posibilidad, aunque sea remota, de usarse, debe ser registrada. Entre ellas es necesario escoger las que ofrezcan el mayor rendimiento monetario, pero tomándose en cuenta las objeciones que se presenten y se estudie la manera de subsanarlas.

El siguiente paso es calcular el valor monetario de cada idea presentada. En esta etapa se debe hacer hincapié en aquellas que parecen más meritorias y cuya realización sea más factible.

El analizador debe eliminar o reducir al mínimo las objeciones a las ideas expuestas que ofrecen el mayor valor monetario.

Al considerar cualquier producto deben analizarse sus elementos componentes como un conjunto de funciones, tal como una función sujetadora, una función de soporte, una función de aislamiento, etcétera.

Por último, cuando lleve a cabo un análisis de valía, plantéese las siguientes diez preguntas acerca de todo componente y función:

### **1. ¿Aporta algún valor su uso?**

Es sorprendente cuán frecuentemente la contestación a esta pregunta es *no*. Puede haber, por ejemplo, una arandela superflua en un ensamble atornillado.

Acaso se hayan especificado cuatro remaches donde hubieran bastado tres. Si multiplicamos estos casos por centenares o millares, las economías resultantes a veces alcanzan a una cifra considerable. Recuérdese que la eliminación de un remache cuando hay cuatro representa una economía de 25%.

### **2. ¿Amerita su utilidad el costo?**

Antiguamente, una placa con el nombre de la compañía se adhería a la caja de un transformador por medio de cuatro pequeños remaches. La única vez que se veía dicha placa era en las raras ocasiones en que se desarmaba el transformador para ser reparado. Su utilidad no justificaba el costo. La instalación de un interruptor muy esmerado o complejo de un electromotor barato es otro ejemplo de un costo que no guarda proporción con su utilidad.

### **3. ¿Son necesarias todas las características que comprende?**

Esta pregunta da lugar a otras interrogantes, tales como ¿necesita el maquinado adicional para el acabado? ¿Sirven todos los muñones, agujeros, collarines, etcétera, para un propósito funcional? ¿Es más complicada la forma que lo necesario?

La respuesta a estas preguntas a veces orienta hacia otras maneras de obtener economías (véase pregunta cinco).

### **4. ¿Existe algo mejor para el uso proyectado?**

En este punto es donde entra en juego el conocimiento de nuevos componentes. Existe una gran diversidad de resortes, pasadores, contratueras, remaches, etcétera, cada uno de los cuales posee sus ventajas y características particulares. Los aros de retención pueden sustituir piezas más costosas.



También puede encontrarse un componente mejor que el especificado originalmente. Consúltelo a los proveedores para obtener toda la información posible.

### **5. ¿Puede fabricarse una pieza utilizable por algún método menos costoso?**

¿Puede producirse una rejilla por estampación en lugar de soldadura? ¿Es posible emplear piezas metálicas *sintetizadas* en lugar de labradas a máquina? ¿Puede sustituirse una pieza forjada por una fundición? ¿Es posible eliminar el maquinado, parcial o totalmente, mediante el estampado, fusión o ensamble soldado?

Todas estas dudas deben ser consultadas con especialistas en cada una de las ramas de fabricación o montaje para determinar su adaptabilidad. Todos estos procesos pueden ser valua- dos para seleccionar el mejor y más económico sin sacrificar la calidad o funcionamiento.

### **6. ¿Existe algún producto normal que sea adecuado?**

Por lo general, cuando pueda usarse un componente de norma en lugar de otro que no lo es, se logran economías, pues los productos de norma por lo común son más baratos y más fáciles de conseguir.

Invariablemente, la sustitución de una arandela o un tornillo de norma por piezas espe- ciales, reduce los costos. En caso de que haya que usar una pieza que no es de norma, su mayor costo debe estar justificado por las ventajas que ofrece.

### **7. ¿Se emplea en la fabricación el herramental correcto considerando las cantidades usadas?**

Debe lograrse la utilización más eficiente del herramental del equipo de fabricación. Por ejemplo, no debe ocuparse un torno de gran tamaño para torneear una cantidad reducida de piezas pequeñas que podrían ser elaboradas más apropiadamente en una máquina menor. Una máquina herramienta copiadora no debe usarse para producir grandes cantidades de piezas que podrían ser fabricadas por estampación. A veces el trabajo se hace en una máquina que no es apropiada para ello, o que hace que la labor resulte más costosa, tan sólo por el hecho de que la máquina está a mano y alguien cree que puede ser usada.

Las capacidades, requisitos, producción y los costos deben ser calculados y comparados.

### **8. ¿Se incluyen los gastos generales y una utilidad razonable en el cálculo del costo de cada componente?**

Téngase la certeza de incluir los gastos generales y la ganancia en el cálculo del costo de los componentes y del producto acabado. De lo contrario se puede estar produciendo con pérdi- da un componente para un producto que se espera vender con utilidad.

### **9. ¿Podrá otro proveedor suministrarlo a un precio menor?**

Muchas veces un vendedor externo puede suministrar componentes a un precio menor de lo que le cuesta al fabricante del producto hacerlos. Esto es especialmente cierto cuando ello implica el uso de equipo de fabricación complejo o costoso, o se requiere de un alto grado de pericia.

Por ejemplo, la General Electric economizó 74% en el costo de una espiga de portaescobilla de acero y plástico cuando decidió adquirirla a la National Vulcanized Fibra Co., de Filadelfia, en lugar de fabricarla ella misma. Este caso nos indica que debemos tener cuidado con nuestra capacidad de producción, pues no debemos tender a ser armadores o ensambladores si ya somos fabricantes y así nos conviene seguir.

### 10. ¿Alguien lo consigue a un precio menor?

Puede dar buenos resultados indagar entre varios proveedores. Tal vez alguno de ellos vende el componente que se necesita a un precio menor, porque tiene ciertas ventajas en equipo de fabricación, volumen de ventas o debido a la situación como producto normal, mientras que otro puede considerarlo como un artículo especial y, en consecuencia, venderlo más caro. Sólo mediante el estudio y comparación de los catálogos de los diferentes fabricantes o proveedores se pueden aprovechar situaciones como ésta.

## REALIZACIÓN DEL PROGRAMA

Toda senda que se descubra para obtener economías debe seguirse atentamente hasta que todas las sugerencias hayan sido evaluadas. La administración debe alentar a los especialistas y colaborar con ellos hasta que hayan encontrado medios sustitutivos o den por terminadas sus pesquisas.

Los analistas deben ser personas dispuestas a encontrar diversas soluciones. De este modo, los ingenieros que ofrezcan sugerencias serán estimulados para que continúen su labor hasta lograr una conclusión satisfactoria, sin interrupciones por pequeñas dificultades que con frecuencia surgen cuando comienzan a considerarse distintos métodos.

Si la labor de análisis de valía es realizada por alguna persona que está facultada para tomar decisiones tan pronto como se ha logrado el resultado, puede proceder en la forma que más le convenga. Pero si ha sido llevada a cabo por un ingeniero industrial, analista, asesor, ingeniero de la fábrica o alguna otra persona que no puede tomar decisiones, es importante que se haga una presentación del sumario y conclusiones en una forma impecable.

El pliego de sugerencias presentado a la administración debe ser conciso y contener la información claramente expresada. Su extensión no debe exceder de una página. Los datos técnicos deben ser consignados por separado, sin que formen parte del pliego de sugerencias. Además, es necesario indicar los costos y las economías. La información técnica en que se funda el análisis puede ser enviada a la persona apropiada, de modo que pueda tomar acción en el momento oportuno.

En grandes compañías, el grupo analizador de valía estudia los productos a solicitud de la administración. El análisis de valía ha hecho a todos (ingenieros, proyectistas, vendedores, contadores, etcétera) más conscientes de los costos y del significado de la valía. Las compañías pequeñas pueden aplicar el mismo principio para reducir el costo de sus productos. Un ataque organizado contra el costo de un producto puede resultar beneficioso para cualquier empresa.

A continuación, en la figura 6.5 se presenta una lista de comprobación, elemento fundamental de los análisis de valía.

## LISTA DE COMPROBACIÓN

| Concepto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Observaciones |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. Dedicarlo a otros usos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |               |
| 2. Adaptarlo <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿A qué se parece?</li> <li>• ¿Qué otras ideas sugiere?</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                     |               |
| 3. Modificarlo, darle un nuevo giro, cambiar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• color</li> <li>• sonido</li> <li>• movimiento</li> <li>• sabor</li> <li>• forma</li> <li>• contorno</li> </ul>                                                                                                                                       |               |
| 4. Sustituirlo<br>Se puede utilizar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Otra cosa en su lugar</li> <li>• Otra persona</li> <li>• Otro ingrediente</li> <li>• Otro material</li> <li>• Otro proceso</li> <li>• Otro lugar</li> <li>• Otro poder</li> <li>• Otro enfoque</li> <li>• Otro tono de voz</li> <li>• Otro momento</li> </ul> |               |
| 5. Aplicarlo a otras situaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de las circunstancias que lo rodean</li> </ul>                                                                                                                                                                                                           |               |
| 6. Invertirlo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darle vuelta</li> <li>• Hacia atrás</li> <li>• Hacia arriba</li> <li>• Hacia abajo</li> <li>• De fuera hacia adentro</li> <li>• Invertir los papeles</li> <li>• Girar</li> <li>• Cambiar</li> </ul>                                                                                 |               |
| 7. Combinarlo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer una mezcla</li> <li>• Hacer una aleación</li> <li>• Hacer un surtido</li> <li>• Hacer un conjunto</li> <li>• Combinar unidades</li> <li>• Combinar los fines</li> <li>• Combinar los atractivos</li> <li>• Combinar las ideas</li> </ul>                                      |               |

Figura 6.5.  
Análisis de  
valía.

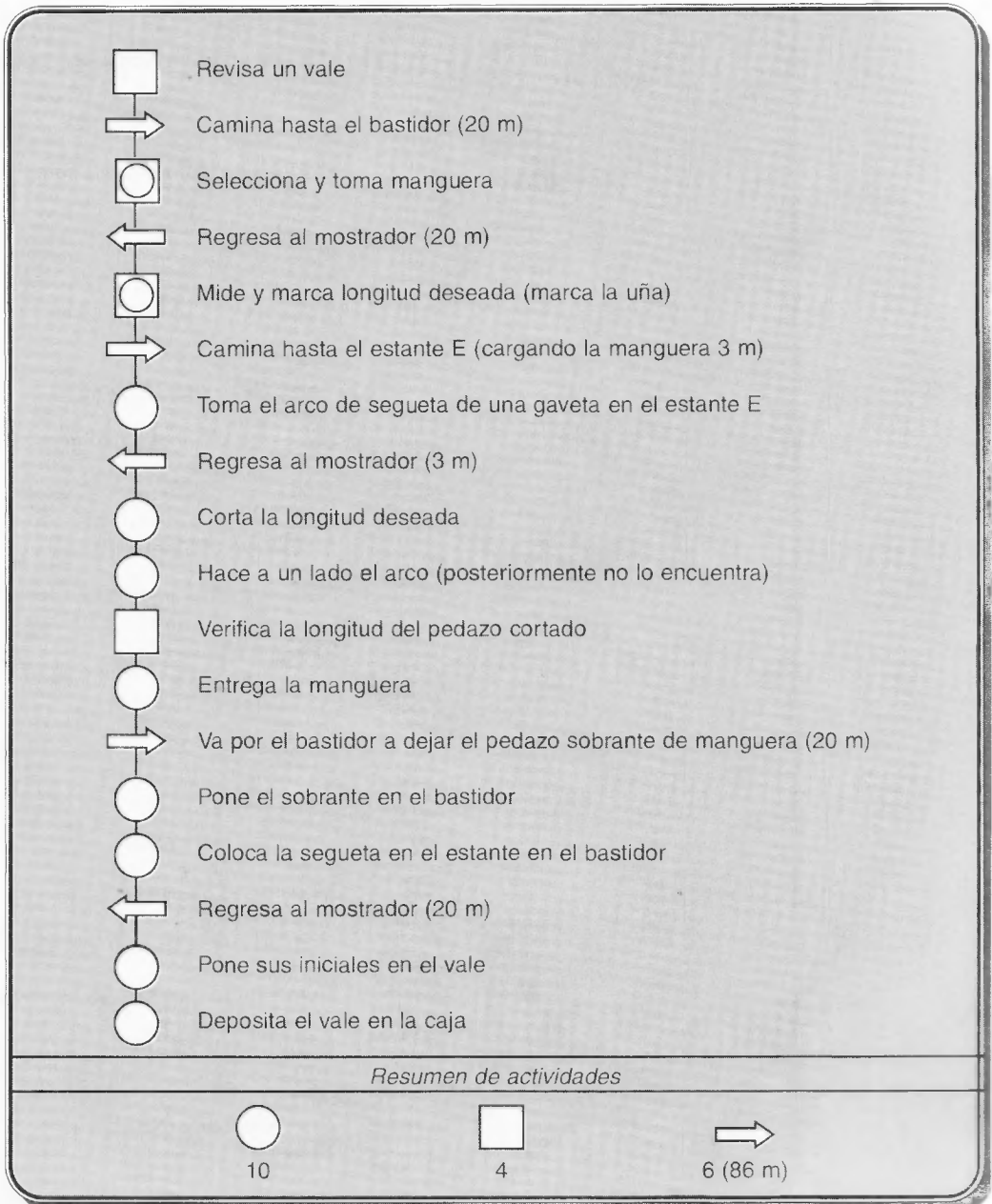
## Problema 6.1

### Aplicación del análisis, método actual

Elabore el diagrama de suministro de un pedazo de manguera en el almacén de una industria.

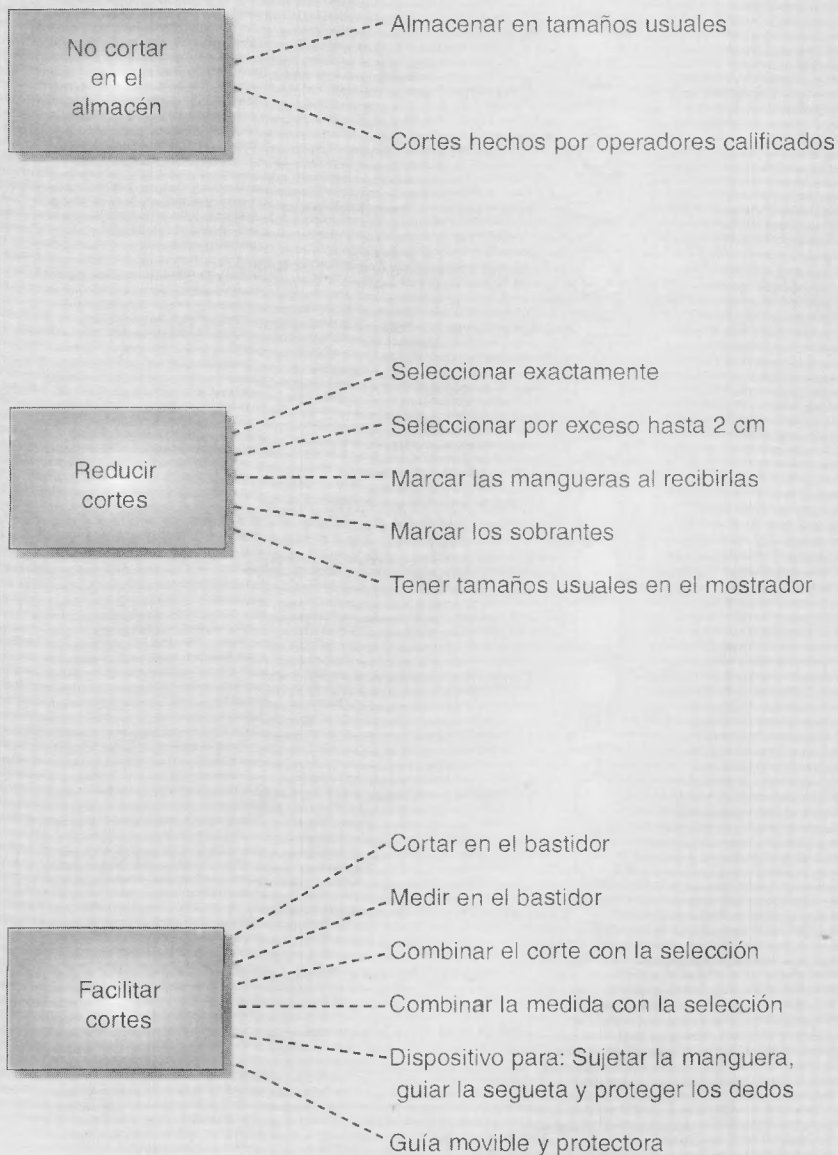
El diagrama empieza con el almacenista en el mostrador mientras revisa un vale.

El diagrama termina con el almacenista en el mostrador en espera de otro vale.



### Ordenamiento de las ideas según sus tendencias (Método del suministro de un pedazo de manguera)

#### Solución



Las herramientas de corte deben estar adecuadamente seleccionadas (figura 6.6) y distribuidas de acuerdo con las necesidades de quien las utilice.

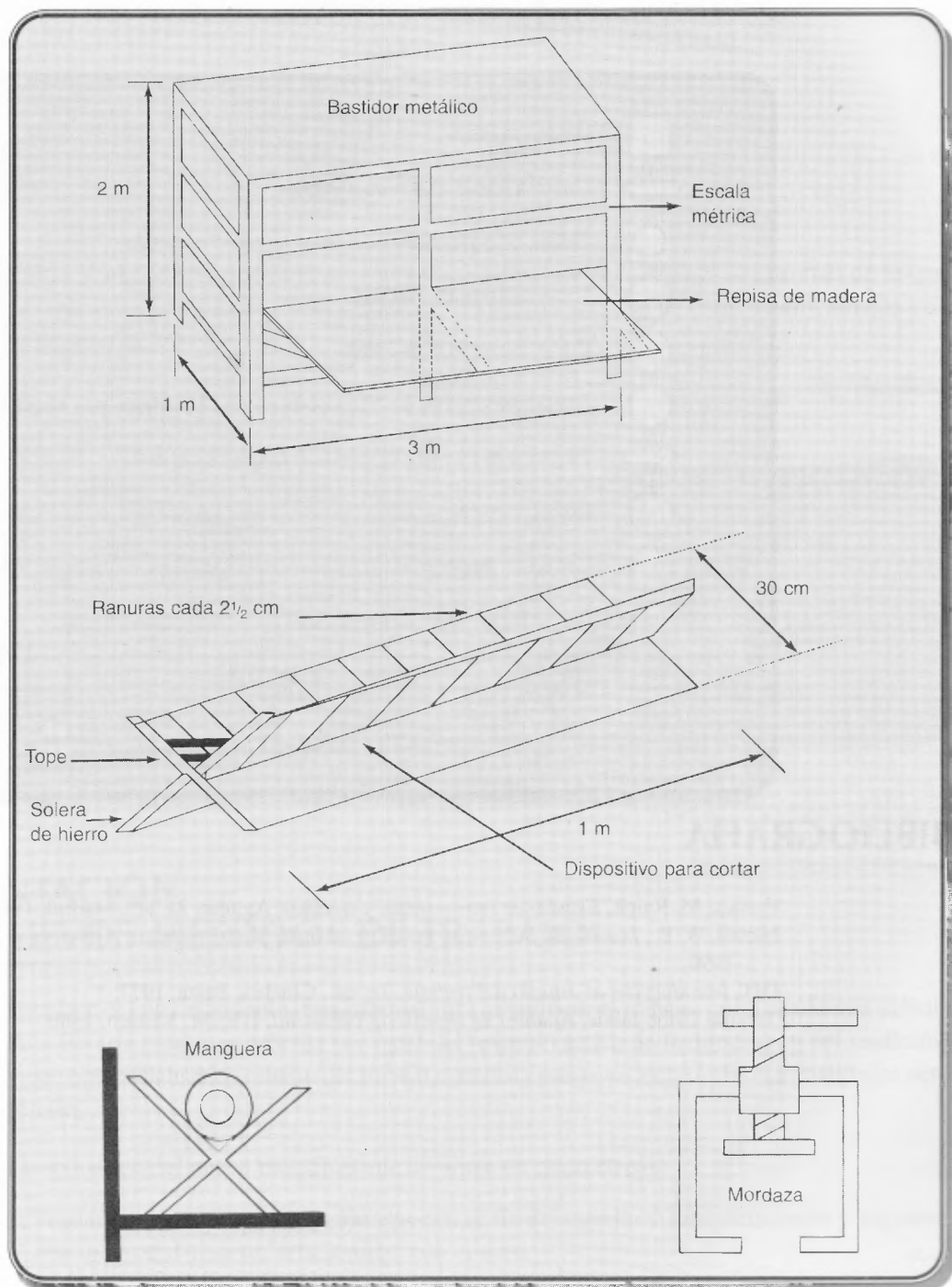
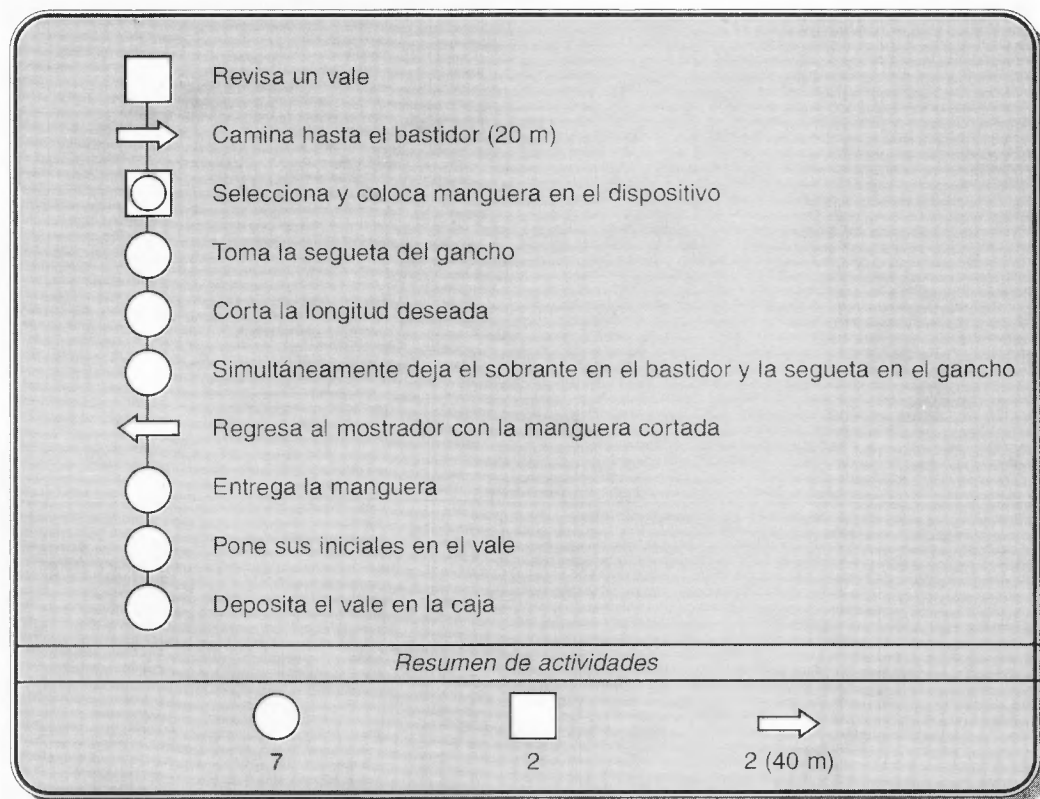


Figura 6.6.  
Dispositivos de  
corte

## Método propuesto

Diagrama de suministro de un pedazo de manguera en el almacén de una industria.

El diagrama empieza con el almacenista en el mostrador mientras revisa un vale. El diagrama termina con el almacenista en el mostrador en espera de otro vale.



## BIBLIOGRAFÍA

- Barnes, M. Ralph, *Estudio de movimientos y tiempos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.
- Niebel, W. B., *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfaomega, 3a. ed., México, 1990.
- OIT, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.
- Treviño Uribe Jaime, *Apuntes de ingeniería industrial*, ITESM, México, 1980.

## **Cómo aplicar el nuevo método**

Nunca jamás quedaré satisfecho con los éxitos de ayer; puedo realizar mucho más de lo que he realizado y lo haré, pues la magnitud de mis metas nunca me ha asombrado y, aunque tropiece, las alcanzaré.

**Og Mandino**

### **OBJETIVOS**

- Preparar un informe de aplicación del nuevo método.
- Definir las reglas de las relaciones humanas para aplicarlas con el nuevo método.
- Explicar qué consideraciones se deben hacer al aplicar el nuevo método.

## **IMPLEMENTACIÓN DE LOS NUEVOS MÉTODOS DE TRABAJO**

Esta fase del procedimiento, fundamental para simplificar el trabajo, quizá sea la más difícil. Para llevarla a cabo se necesita por igual del respaldo activo de la dirección y del sindicato, y que el especialista en estudio del trabajo o analista ponga en juego todas sus cualidades personales.

La aplicación del nuevo método puede dividirse en cinco etapas:

1. Vender las ideas propias relacionadas con el fin del estudio y las aportaciones y sugerencias de los trabajadores relacionadas con el tema.



Durante el periodo de estudio pedir a los supervisores que emitan los puntos de vista propios. Dejar que el trabajador desempeñe un papel lo más amplio posible en la creación y desarrollo del nuevo método, a fin de que también lo considere como obra suya.

2. Preparar un informe que contenga:
  - a) El diagrama propuesto con firmas de aprobación.
  - b) El costo de materiales, mano de obra y gastos generales de los métodos.
  - c) Las economías esperadas.
  - d) El aumento de producción.
  - e) La reducción de desperdicios.
  - f) El aumento de la calidad y la seguridad industrial.
  - g) Necesidades de inversión.
  - h) El costo de implantar el nuevo método.
  - i) La acción ejecutiva que se necesitará para implantar el nuevo método.
  - j) El calendario de su implantación.
3. Examinar el informe juntos, con el supervisor y la dirección, en su caso.
4. Lograr la aprobación de los cambios por parte de los trabajadores y la dirección.
5. Preparar las normas de ejecución por escrito. En esta fase se deben elaborar hojas con instrucciones para el operador y carta de descripción del método, o carta de fabricación, con objeto de:
  - a) Registrar todos los detalles del nuevo método.
  - b) Explicar el método a los afectados.
  - c) Preparar el equipo necesario.
  - d) Ayudar al adiestramiento o readiestramiento.
  - e) Tener la base para el estudio de tiempos.

## CARTA DE DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Este importante documento, imprescindible para la aplicación del método, reúne las siguientes características y funciones:

1. Es una guía para indicar los procedimientos por seguir en el perfeccionamiento de métodos.
2. Es una ayuda para el análisis y el estudio de tiempos y movimientos.
3. Puede emplearse para organizar la distribución de la planta.
4. Puede emplearse como la forma escrita oficial del método que se sigue en cada operación. Un libro que contenga todas las cartas de descripción de métodos formaría el *Manual de Operación de Instructivos* (M.O.)
5. El M.O. será la base para capacitar a todo el personal.
6. El M.O. será la norma que regulará las operaciones para facilitar la labor de supervisión y la normalización de los procedimientos, es decir, será la base para exigir que se cumplan los métodos establecidos.

7. Cuando se desarrolle un nuevo método de trabajo, se hará inmediatamente la carta de descripción del mismo y se colocará en el M.O. en sustitución de la carta de descripción antigua, si existe.

## CONSIDERACIONES AL APLICAR UN NUEVO MÉTODO

Antes de implantar una mejora es necesario tener la seguridad de que la solución es práctica bajo las condiciones de trabajo en que va a operar. Para no olvidar nada, debe someterse la proposición a una revisión detallada, siguiendo el mismo procedimiento analítico usado para el desarrollo de la idea.

Esta revisión debe incluir como partes fundamentales todos los aspectos económicos y de seguridad, así como otros factores tales como calidad del producto, cantidad de fabricación del producto, etcétera.

Si una vez analizados estos aspectos se comprueba que la proposición es buena y operativa, se debe considerar si afectó otros departamentos u otras personas. Cuando esto sucede, hay que tener mucho cuidado de vigilar todos los aspectos humanos, pues generalmente son de mayor importancia y trascendencia que los otros.

Si se logra el entendimiento y la cooperación del personal, disminuirán enormemente las dificultades de implantación y casi se asegurará el éxito. Recuérdese que la cooperación no se puede exigir, se tiene que ganar.

Los intereses de los individuos afectados favorable o desfavorablemente por una modificación deben tenerse siempre en cuenta.

Por lo tanto, es conveniente:

- a) Informar con anticipación al personal sobre los cambios que le afectarán.
- b) Tratar al personal con la dignidad que se merece por su calidad humana.
- c) Promover que todos aporten sugerencias.
- d) Reconocer la participación de quien lo merezca.
- e) Ser honesto en el uso de las sugerencias ajenas.
- f) Explicar las razones del rechazo de una idea sugerida.
- g) Hacer sentir al personal que forma parte del esfuerzo común por mejorar las condiciones de trabajo de la fábrica.
- h) Capacitar al trabajador que va a aplicar el nuevo método.

## SIMPLIFICACIÓN DEL TRABAJO Y RELACIONES HUMANAS

La simplificación del trabajo no es nueva, es una técnica que apela el valor de la inteligencia individual. Sin embargo, para implementar un proceso de este tipo es necesario contar con ciertas características y manejar de manera fluida ciertos aspectos estrechamente vinculados con las relaciones humanas, los cuales veremos a continuación.

## Habilidad

¿Tendrá el personal capacidad para simplificar el trabajo? Existen muchas personas calificadas, pero se niegan a trabajar con entusiasmo para obtener la cooperación que es tan difícil de lograr. Muy pocos se han imaginado cuál sería el resultado si toda la gente inteligente de una organización colaborara de manera entusiasta y utilizara toda su potencialidad para simplificar el trabajo. ¿Qué pasaría si todos estuvieran igualmente ansiosos por lograr un producto al más bajo costo? ¿Qué pasaría cuando todos quisieran que se aumentaran los salarios al máximo?

Desafortunadamente, la única forma de hacerlo es mediante la explotación de una de las fuerzas fundamentales que dirigen al hombre: el amor propio. El amor propio tiene mala fama debido a un concepto estrecho de lo que realmente es. Ningún problema relacionado con la especie humana, al desarrollarse a través de las edades sobre el concepto de ser y hacer cada vez mejor las cosas, pudo encontrar la solución en otro principio.

## Capacidad para las relaciones humanas

¿Tenemos capacidad para manejar las relaciones humanas involucradas en un problema? Cuando queremos trabajar con y para gente que nos comprenda, que sepa apreciar cualidades individuales, *queremos que se nos tome en cuenta*, que se reconozca nuestra importancia, que logremos la aprobación y la aceptación de nuestros compañeros y que estemos seguros de que los hemos obtenido.

Por otra parte, todos, hombres y mujeres, deseamos una oportunidad para tomar parte en proyectos y trabajos importantes.

Se ha dicho mucho acerca del manejo de problemas de relaciones humanas y de la necesidad de un mejor entendimiento entre los supervisores y los obreros, pero las más de las veces se ha hecho demasiado complicado.

¿Hasta dónde la simplificación del trabajo lo impulsa a la acción y a buscar mejores y más fáciles métodos de hacer un trabajo? Debemos reconocer la existencia de este obstáculo inmerso en la naturaleza humana: la tendencia de resistir a los cambios y el rechazo a la crítica.

## Principios básicos de las relaciones humanas

Las relaciones humanas se basan en dos principios fundamentales, a saber:

- a) El ingeniero industrial obtiene resultados en su trabajo a través de los hombres. Los resultados serán malos si los trabajadores no cooperan con él y serán excelentes si el grupo colabora de manera entusiasta.

Conseguir la cooperación de grupo no siempre es fácil, pues éste, por lo general, está conformado por individuos con diferentes características. Existe el trabajador nuevo, el recién salido de la escuela, el empleado procedente de otra fábrica o empresa, el operador con mucha experiencia y que conoce de su trabajo mucho más que el propio ingeniero, el trabajador con más antigüedad, etcétera.

- b) Cada persona debe ser tratada como individuo, es decir, considerando ciertas características que lo hacen diferente de los demás.

La comunicación, que es un instrumento que permite mejorar a los grupos, corre en ambas direcciones, es decir, tiene dos sentidos: del supervisor a su grupo y viceversa.

El supervisor obtiene buenos resultados cuando logra que su grupo haga lo que él desea, cuando debe ser hecho y de la manera correcta.

El buen supervisor debe tener una solución anticipada para los diversos problemas, es decir, debe adelantárseles, preverlos y, procurar eliminarlos antes de que se presenten. Además, cuando se aplican principios bien definidos para hacer fluidas las relaciones y evitar los problemas humanos, se obtienen excelentes resultados.

## RESISTENCIA AL CAMBIO

Son pocos los individuos que no perciben la necesidad de mejorar los métodos. Muy pocos desaprobarán los objetivos. Sin embargo, ellos pueden ver en esta técnica un peligro para su estatus quo, razón por la cual resistirán con determinación a cualquier cambio.

Cuando alguien nos presenta una idea, ¿qué es lo que hacemos? Muchas veces, lo primero que decimos es: ¡no, no puede ser! ¿Cuál fue la reacción, por ejemplo ante los trenes aerodinámicos, a las rasuradoras eléctricas o al cierre relámpago? ¿Se pensó alguna vez que alguien podría volar a través del océano? ¿Qué se hubiera dicho de alguien, hace algunos años, si hubiese hablado de la posibilidad del radar y de la bomba atómica?

El giroscopio es un buen ejemplo de lo que decimos. Este instrumento modifica su posición muy lentamente, mientras que un cambio rápido genera una resistencia considerable. Sin embargo, un cambio aún más rápido puede destruirlo.

No estamos de acuerdo en que el cambio sea beneficioso en sí mismo, hasta el punto de querer pulverizar todo lo que tenemos, aun lo bueno; debemos identificar lo bueno que hay en un cambio propuesto, y no ver solamente las dificultades para llevarlo a cabo, orientar nuestra mente para absorber lo bueno y reconocer el valor que hay en toda nueva idea, visualizar las posibilidades que aparecen como simples ficciones y fantasías de la imaginación, debemos comprender que la vida es y debe ser cambio, nunca estancamiento.

Pongámonos a pensar en los años pasados. Parece que existe una ley que hace que el hombre vea lo malo en una cosa nueva, y casi nunca lo bueno. Si hiciéramos una revisión crítica de la historia, veríamos que siempre el hombre ha tendido a perseguir a algún otro hombre sólo por el hecho de que éste tenía una nueva idea.

## *Causas de la resistencia a los cambios*

En todo cambio, los innovadores se encuentran con las siguientes actitudes por parte del personal:

- Temor a lo desconocido
- Inercia de los viejos métodos

- Incertidumbre
- No entender lo nuevo
- Sentimiento de obsolescencia
- Por diferencias personales entre quien cambia y quien debe ser afectado por el cambio
- Rechazo a la ayuda exterior
- Por falta de tacto de quien hace la proposición
- Falta de confianza de quien propone el cambio
- Inoportunidad de los cambios
- Por relaciones sociales
- Resentimiento contra las órdenes nuevas y contra un mayor control de las actividades
- Por actitudes sindicales
- Por factores económicos

El que cambia debe hacer que la resistencia se reduzca, elimine y se acepte el cambio mediante la identificación de la causa de la resistencia, un adecuado programa de comunicación y el involucramiento de los interesados.

### ***Disminución de la resistencia a los cambios***

Existen varios factores que, bien manejados, pueden vencer la resistencia:

- Alicientes económicos
- Comunicación en ambos sentidos
- Acuerdos tomados en grupo
- Actitudes para romper el hielo
- Negociaciones
- Hacer cambios por vía de ensayo

### ***Ejemplo de aplicación***

Las recomendaciones para solucionar un problema siguen un proceso.

#### **1. Plantear el problema con claridad, es decir, explicar de qué se trata**

Ejemplo: “He notado que los diez trabajadores de la sección de acabado utilizan mucho tiempo en ir a tomar agua y dejan el trabajo pendiente.”

#### **2. Decir cómo se percató del problema**

“Van varias veces que me acerco a la línea de producción y veo que el trabajo se acumula. Al llamarles la atención por los retrasos me dicen que se debe a que van a tomar agua.”

#### **3. Resaltar los defectos del problema**

Al irse a tomar agua a 50 metros de su puesto de trabajo, no sólo el trabajador pierde el tiempo, sino que lo hace perder a otros que están en el camino. Además, se presta para engaños, porque a veces no van a tomar agua.

**4. Presentar sugerencias**

“Se me ocurre que sería bueno poner un bebedero cerca que además de servir a esos diez obreros quede más cerca de otros doce que trabajan en empaque.”

**5. Estudiar el costo de la sugerencia**

He calculado que la modificación costaría lo siguiente:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| Valor del bebedero  | \$ 500.00   |
| Costo de la tubería | 600.00      |
| Instalación         | 400.00      |
| Total               | \$ 1 500.00 |

**6. Estimar el ahorro en un año**

“En resumen, he visto que se pierde el equivalente de una hora diaria de un hombre (sueldo promedio \$ 36.00 diarios), \$ 4.50 por hora por turno.

|                |             |
|----------------|-------------|
| En tres turnos | \$ 13.50    |
| En 300 días    | \$ 4 050.00 |

**7. Resultado**

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| Si el costo de instalación es de | \$ 1 500.00 |
| y se ahorran al año              | \$ 2 550.00 |

quiere decir que en cuatro meses y medio se paga por sí mismo, sin contar el tiempo que hace perder a otros.

**CÓMO MANTENER EL NUEVO MÉTODO**

Se debe mantener un estrecho contacto con los adelantos logrados en el trabajo, hasta comprobar que marcha tal como se había pensado. Es necesario evaluar los resultados del método mejorado y retroceder si es necesario.

Es importante que una vez que se ha implantado un método se le mantenga en la forma especificada, es decir, no debe permitirse que los trabajadores reinstalen el método antiguo o introduzcan elementos no permitidos, a menos de que exista un motivo fundamentado para hacerlo. Recuértese que siempre hay un método mejor.

**NORMALIZACIÓN**

Una vez que el método de trabajo ha sido decidido, es esencial que se asegure la normalización no sólo de él sino también de los materiales, del equipo y de las condiciones de trabajo. A menos que se le dé la importancia que merecen todos estos factores, será imposible establecer que con sólo llenar adecuadamente los formatos se va a ejecutar eficientemente determinada tarea.

El establecimiento de tiempo normal va a encontrar un serio obstáculo. De la misma manera, a menos que se preste una seria atención a la normalización del equipo que se utiliza y a las condiciones de trabajo, la ejecución real puede estar muy por debajo de la esperada.

Finalmente, existe el problema de la normalización de los métodos de trabajo, pues cuando ésta no existe, la responsabilidad de la selección del método cae sobre el empleado o su superior inmediato.

Así, en el momento en que los métodos se normalicen, los tiempos normales no van a tener significado alguno. Por otro lado, los métodos no pueden mejorarse a menos que se lleve a cabo una investigación sobre el tiempo necesario para efectuar diferentes procesos. Debido a esta interdependencia, para que un estudio de tiempos tenga valor, debe ir acompañado de un estudio de movimientos.

Una vez lograda la normalización de equipos, material, condiciones de trabajo y métodos para una determinada tarea es posible tratar de calcular el tiempo necesario para su ejecución.

## CÓMO PROPONER EL MÉTODO MEJORADO

Una de las mejores formas para proponer, a quien corresponda decidir, el método mejorado es hacerlo comparándolo con el método actual.

Es conveniente presentar el método propuesto contrastándolo con el actual, si es posible con datos cuantitativos de los ahorros en transportes, demoras y operaciones e inspección superflua. Pocas personas presentarán resistencia ante la evidencia de ahorros sustanciales sobre todo si no implican gastos en reacomodo, reinstalación o adquisición de equipo. Como ejemplo podemos presentar el problema del corte de manguera explicado en el capítulo 5. (Véanse el problema 5.3 y la figura 5.11).

| Actividad \ Método |  |  |  |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Actual             | 10                                                                                | 6                                                                                  | 4                                                                                   |
| Mejorado           | 7                                                                                 | 2                                                                                  | 2                                                                                   |
| Diferencia         | 3                                                                                 | 4                                                                                  | 2                                                                                   |

## CÓMO DESARROLLAR EL MÉTODO MEJORADO

Cuando el método mejorado debe ser aprobado por alguna autoridad superior, es frecuente que se necesite probarlo antes de adoptarlo definitivamente.

Hay muchas maneras de probar determinado método de trabajo y saltan a la vista en todos los casos. De las pruebas o experiencias previas puede resultar una serie de modificaciones o perfeccionamientos al método mejorado. Sólo después de la prueba se puede estar seguro de la bondad del método nuevo. Luego se elabora el diagrama definitivo del método mejorado con toda la información necesaria para cada actividad. En este punto el método mejorado ha quedado totalmente desarrollado.

## CÓMO IMPLANTAR EL MÉTODO MEJORADO

Cuando el método mejorado ha sido desarrollado totalmente, el siguiente paso consiste en instruir al personal que va a aplicarlo.

Debe tenerse presente que todo cambio encuentra cierta resistencia de parte de las personas. La implantación de un nuevo método requiere mucho tacto e implica una labor de convencimiento muy delicada.

Debe tenerse presente que es posible que los trabajadores hagan fracasar un método mejorado si no se les convence de las ventajas que ofrece sobre el método actual.

## CÓMO MANTENER EL MÉTODO MEJORADO

Una vez implantado el método mejorado es necesario hacer una serie de observaciones para verificar que se están logrando los objetivos económicos, técnicos y humanos.

El costo del producto debe reducirse, la calidad del producto debe ser igual o superior a la que se obtenía con el método anterior, y no deben presentarse problemas de relaciones humanas como consecuencia de la adopción del nuevo método.

## CAPACITACIÓN DEL TRABAJADOR

### ¿QUÉ ES LA CAPACITACIÓN DEL TRABAJADOR?

Capacitar es transmitir conocimientos. Cuando una persona toma a su cargo un empleado para indicarle cómo debe realizar su trabajo, está transmitiendo una serie de conocimientos que le serán necesarios para efectuar correctamente su trabajo.

Una buena capacitación por parte del responsable de implantar los nuevos métodos constituye la base para lograr una mayor eficiencia y calidad en el trabajo.

### FORMAS DE CAPACITACIÓN DEL TRABAJADOR

La forma más común de transmitir conocimientos a los trabajadores consta de dos etapas: la instrucción verbal, a la que se le conoce como *decir el trabajo*, y hacer el trabajo frente al trabajador, denominada *mostrar el trabajo*.

El método de decirle al participante lo que debe hacer tiene grandes limitaciones, pues no es posible seguir y retener todos los movimientos y explicaciones verbales que se dan sobre algún trabajo. Además, existen otras razones: La mayor parte de las personas no capta las instrucciones correctamente, y algunos movimientos son difíciles de describir.

Cuando se usa este método, generalmente se presentan trastornos, desperdicios y, lo que es peor, accidentes.



Sin embargo, este método resulta de utilidad cuando sólo se proporciona una cantidad limitada de información, que la persona puede comprender fácilmente si cuenta con cierta experiencia en el asunto.

De lo anterior se desprende que es muy importante seguir un método en la capacitación del trabajador. Uno que ha dado óptimos resultados, el de cuatro pasos, comprende las siguientes etapas:

### ***Preparar al trabajador***

Esta fase es muy importante ya que si se llega a interesar al educando en lo que va a aprender y a realizar se habrá logrado una buena parte de la tarea.

En esta operación se requiere que el instructor demuestre entusiasmo por su tarea y demuestre seguridad en sus conocimientos. De su actitud depende en gran parte que se logre una buena instrucción.

Sin embargo, es necesario que su relación con el trabajador esté signada por propósitos muy concretos, que se exponen a continuación.

**Ser amable con él.** Esta actitud, que sirve para desvanecer la duda que el empleado tiene sobre la calidad humana de su jefe, se puede lograr a través de una pequeña plática completamente desligada del trabajo que va a desempeñar. Por ejemplo, podría preguntarle dónde vive, si se le dificultó llegar a la fábrica, hablar de deportes, o de otra actividad que le guste en particular.

**Definir su trabajo y averiguar su experiencia.** Definirle sus labores para darle una idea clara de aquello para lo que se le prepara, es decir, indicarle el trabajo que va a desempeñar es una buena manera de comenzar la capacitación propiamente dicha. También, averiguar su experiencia es de suma importancia para que el supervisor conozca los conocimientos, disposiciones y circunstancia del trabajador, que determinarán su adaptación a la instrucción, para hacerla accesible; preguntarle si ha desempeñado algún trabajo semejante o igual al que se le va a encomendar, para decidir el nivel a partir del cual se debe iniciar la instrucción.

**Despertar su interés por aprender.** En esta fase se debe destacar la importancia del trabajo que va a desempeñar y hacerle saber que toda actividad del hombre posee importancia, pues ello facilita la comprensión y realización de la tarea. Cuando se logra despertar el interés al empleado, se llega a la culminación de la preparación.

**Colocar al educando en posición adecuada.** Éste debe captar perfectamente todo aquello que se le va a enseñar, de tal manera que vea la demostración como si él mismo la estuviera ejecutando, para que posteriormente perciba los cambios que ella implica.

### ***Demostrar el trabajo***

En esta segunda parte de la capacitación se debe:

**Explicar e ilustrar una a una las fases importantes.** La explicación e ilustración de la tarea que se pretende enseñar se debe hacer conjugando la teoría y la práctica. Ilustrar la explicación se refiere a complementarla con esquemas, planos, ejemplos gráficos y, si es necesario, con películas y proyecciones de transparencias.

**Resaltar cada punto clave.** Los puntos clave son todos aquellos aspectos que se necesitan conocer perfectamente para ejecutar correctamente el trabajo. Dicho de otra manera, son todas las explicaciones que se refieren a cada una de las fases importantes, el porqué, el cómo y consecuencias de las mismas.

**Instruir clara, completa y de manera paciente.** Para explicar claramente es necesario emplear el lenguaje del aprendiz, evitar toda desviación del tema para no confundirlo y poner especial empeño en explicar cada cosa a su tiempo.

Cuando se capacita se debe tener especial cuidado de no olvidar detalles que para el aprendiz pueden ser de suma importancia y de mucha ayuda. La instrucción debe ser completa.

Si se pierde la paciencia es muy fácil que el empleado, debido a su estado de tensión, no asimile todo lo que se le ha enseñado, por lo cual todos los esfuerzos para prepararlo serán nulos.

**Demostrar únicamente lo que pueda asimilar.** Debe darse exactamente la explicación que se requiere y no en exceso, porque el aprendiz puede desviarse y olvidar lo más importante de la operación.

**Comprobar lo aprendido.** En este caso el supervisor debe verificar el grado en que el trabajador ha asimilado sus enseñanzas, lo cual se logra solicitándole **que ejecute la operación para corregir errores**. La ejecución debe hacerse después de terminada la instrucción. Es conveniente dejarlo actuar solo, para que haga la operación y con ello termine de internalizar la enseñanza.

**Corregir los errores.** Si los errores que comete durante la ejecución son leves, es recomendable no interrumpir al empleado mientras reconstruye la operación que se le enseñó, pero si se considera que el error puede crear un mal hábito, lo indicado es corregirlo inmediatamente.

Se deben repetir los puntos clave mientras repite la operación. Cuando las circunstancias indiquen que puede cometer un error que represente un peligro para el empleado o el equipo, debe detenerse la sesión y explicarle el procedimiento correcto.

También es necesario que explique los puntos clave mientras repite la operación y que exponga las razones que la fundamentan.

El aprendiz debe contestar preguntas abiertas tales como ¿por qué hace esto?, ¿cuál es el objeto de hacer esto?, para asegurarse de que aprendió. No se deben usar preguntas que induzcan la respuesta de sí o no, porque no indicarían si realmente sabe.

Se debe continuar la práctica hasta asegurarse de que aprendió, en cuyo caso debe reconocerse. Además, no se debe dejar al aprendiz hasta que esté en condiciones de poder trabajar solo. Asimismo, es necesario reconocer sus méritos por el esfuerzo realizado, señalándole los aspectos sobresalientes de su aprendizaje.

## ***Observación en la práctica***

Es un error muy grande creer que la instrucción termina con la exposición y comprobación de un procedimiento. Es conveniente seguir de cerca el desarrollo del aprendiz en el desempeño del trabajo diario, a fin de que el supervisor compruebe la eficacia de su tarea y le dé oportunidad al trabajador de consultarle sobre cualquier problema que encuentre.

Además, es necesario ponerlo a trabajar independientemente. Es muy importante que el empleado sepa cuándo termina su periodo de adiestramiento y cuándo empieza a trabajar bajo su propia responsabilidad. De esta forma se le hará entender que la responsabilidad de su trabajo pesa sobre sus hombros y puede tomar decisiones propias.

También es importante indicarle a quién debe dirigirse si tiene dudas. Si se descuida al trabajador y se le deja que consulte dudas con cualquiera de sus compañeros, lo más probable es que otro eche a perder el adiestramiento. La persona indicada debe saber y seguir el método que el supervisor emplea.

Por otra parte, se debe revisar su trabajo con frecuencia e invitarle a hacer preguntas, con el propósito de asegurar que ya no tiene ninguna duda sobre el trabajo que desempeña.

También se debe disminuir progresivamente la ayuda y vigilancia. Cuando se comprueba que el aprendiz ha entendido y ejecuta correctamente el trabajo, la supervisión debe disminuirse hasta el nivel normal que se ejerce en el departamento.

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

Barnes, M. Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.

Niebel, B. W., *Ingeniería industrial, estudio de tiempos y movimientos*, Alfaomega, 3a. ed., México, 1990.

OIT, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.

Jamás se ha de buscar la verdad sobre una cosa si se ha de hacer sin método, pues los estudios sin orden sólo nublan las luces naturales del espíritu y lo ciegan.

¡Ay del hombre que se acostumbra a las tinieblas, pues luego no puede soportar la luz del día!

Descartes

## OBJETIVOS

- Describir los principios para realizar una distribución de planta.
- Explicar las diversas formas de distribución.
- Explicar qué información se requiere para llevar a cabo una buena distribución de planta.

## DISTRIBUCIÓN DE PLANTA: FUNDAMENTOS

En unidades anteriores se explicó que incrementar la productividad no es misión sencilla y rápida, sino que requiere de la optimización de los recursos disponibles mediante el empleo de herramientas o técnicas probadas en el transcurso del desarrollo fabril. Por ello, podemos utilizar la simplificación del trabajo, la planeación sistemática de distribución de planta y aprovechar el espacio horizontal y vertical de nuestra fábrica, taller, almacén u oficina, colocar de acuerdo con el proceso y necesidades nuestra maquinaria e incorporar las limitaciones prácticas y condiciones modificadoras que pudieran afectar el diseño del sistema completo de distribución de la fábrica.

En síntesis, **distribución de planta** es la colocación física ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento

de materiales y su almacenaje, además de conservar el espacio necesario para la mano de obra indirecta, servicios auxiliares y los beneficios correspondientes.

## OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

El objetivo de una distribución de planta bien planeada e instalada es reducir los costos de fabricación como resultado de las siguientes mejoras:

Reducción del riesgo para la salud, incremento de la seguridad y aumento de la moral y satisfacción del trabajador, incremento de la producción, disminución de los retrasos en la producción, optimización del empleo del espacio para las distintas áreas, reducción del manejo de materiales y maximización de la utilización de la maquinaria, mano de obra y servicios. También la reducción del material en proceso, la implantación de una supervisión más fácil y eficaz, la disminución del congestionamiento de materiales, la reducción de su riesgo y el aumento de su calidad así como una mayor facilidad de ajuste a los cambios requeridos.

## RAZONES PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Las razones son varias, entre las que se destacan:

- Adición de un nuevo producto. Si el producto es similar al de la línea actual, podemos necesitar simplemente nuevas herramientas para el equipo y más sitio para almacenamiento. Si es diferente, puede ser causa de la instalación una nueva línea de producción, departamento o planta.
- Cambio en la demanda del producto. Un aumento o disminución sustancial en la demanda del producto puede provocar un cambio desde un tipo básico de distribución a otro.
- Sustitución de un equipo anticuado. Por lo general, las sustituciones son causa de ajustes en otros equipos complementarios o subsecuentes.
- Revisión de métodos y reducción de costos. Los cambios de método tienden a reducir los costos y a provocar la redistribución de servicios generales.

## PRINCIPIOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

**Principio de la integración global.** Se debe integrar de la mejor forma a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otra consideración.

**Principio de distancia mínima a mover.** Se debe minimizar en lo posible los movimientos de los elementos entre operaciones.

**Principio de flujo.** Se debe lograr que la interrupción entre los movimientos de los elementos entre operaciones sea mínima.

**Principio de espacio.** Se debe usar el espacio de la forma más eficiente posible, tanto en lo horizontal como en lo vertical para evitar todos los movimientos innecesarios.

**Principio de satisfacción y seguridad.** La distribución debe satisfacer y ofrecer seguridad al trabajador.

**Principio de flexibilidad.** La distribución debe diseñarse para poder ajustarse o regularse a costos bajos.

## TIPOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Los tipos básicos de distribución de planta son cuatro:

### *a. Distribución de posición fija*

Esta distribución se establece cuando hombres, materiales y equipo se llevan al lugar y allí la estructura final toma la forma de un producto acabado. Como ejemplos podemos mencionar el ensamblaje de barcos, aviones, etcétera. En estos casos el obrero se identifica mejor con su producto y se siente más responsable de su calidad.

Este tipo de distribución requiere de menos inversión en equipo y herramientas y la supervisión y control de la producción son usualmente más fáciles. En cambio, el aprendizaje necesario es más caro, lo mismo que el almacenamiento y el transporte de materiales que, además, son difíciles de controlar. La distribución de posición fija es, generalmente mucho menos eficiente en el uso de la mano de obra que en las otras alternativas debido a que los obreros pierden mucho tiempo en localizar las herramientas y los materiales con los cuales trabajan.

### *b. Distribución por proceso*

Este tipo de distribución, que se adapta bien a la producción de un gran número de productos similares, está conformado por varios departamentos bien definidos, cada uno de los cuales está dedicado a una sola o a muy pocas tareas.

La distribución por proceso tiene ventajas e inconvenientes inherentes. Una de las mayores ventajas es su capacidad para adaptarse a una gran variedad de productos similares. Las máquinas del tipo general son menos caras que las preparadas para un producto determinado. La experiencia en un proceso particular permite tanto a operarios como a supervisores llegar a ser especialistas eficientes en esta área. Los incentivos individuales pueden usarse para que el operador alcance la máxima productividad con los consiguientes beneficios para él y la compañía.

Los equipos y máquinas de tipo general o uso múltiple permiten más fácilmente la eliminación del paro de la producción. Así, si una máquina se detiene, otra puede estar preparada para realizar el trabajo. Además, por lo general los costos de las máquinas son menores que en la distribución por producto.

Estas ventajas naturales son contrarrestadas en parte por ciertos inconvenientes, como el mayor espacio que se requiere para depósito de los lotes a trabajar. La producción por lotes significa que hay un tiempo para comenzar y un final para acabar el lote, el cual por lo general es extenso. Por otra parte, el control de la programación y producción son claramente complicados.

### c. Distribución por producto

Este tipo es el comúnmente conocido como fabricación continua (línea), cuyo ejemplo más común es la fabricación de automóviles. Esto es, el material físico, tal vez el armazón, se coloca sobre un transportador que avanza, y en el camino se le van añadiendo componentes hasta que el producto está acabado. Durante el periodo de producción, en este trayecto los nuevos componentes aumentan hasta un mismo nivel a intervalos fijos. Naturalmente, muchos de los componentes se producen también en distribución por proceso o de posición fija.

La distribución por producto y la fabricación continua son generalmente considerados ideales para una producción de costo unitario bajo. Por lo general hay menos material de transporte y pocos inconvenientes si se requiere alguna parada momentánea en el proceso que suponga almacenamiento. Se necesita menos inversión monetaria, debido a que hay menos capital invertido en el proceso al mismo tiempo. Se necesita mucho menos espacio para los servicios y almacén junto a las máquinas, así como menos inspección para asegurar la calidad del producto. El centro de producción es muy simplificado, y los obreros son capacitados fácilmente para realizar una tarea simple en la línea.

También hay que considerar los inconvenientes. El costo de las máquinas y equipo necesarios es tan grande que debemos estar seguros de contar con una demanda sustancial y continua del producto. Además, cada línea de producción debe alcanzar un delicado equilibrio de tiempo entre las operaciones, lo cual es extremadamente difícil en algunos tipos de empresas. Asimismo, la moral de los obreros sufre a causa de la monotonía de los trabajos repetitivos. La producción en línea es muy sensible a las paradas, pues si una máquina se detiene la producción también lo hace hasta que la máquina es reparada.

### d. Grupos tecnológicos

El sistema llamado **grupos tecnológicos** agrupa piezas de características comunes en *familias* y asigna una línea de producción capaz de producir cualquiera de las piezas de esta familia.

Desde el punto de vista de costo total (manejo de materiales, inventarios en proceso, costo de producción, etcétera) y de versatilidad, la idea de los grupos tecnológicos se representa en la figura 8.1

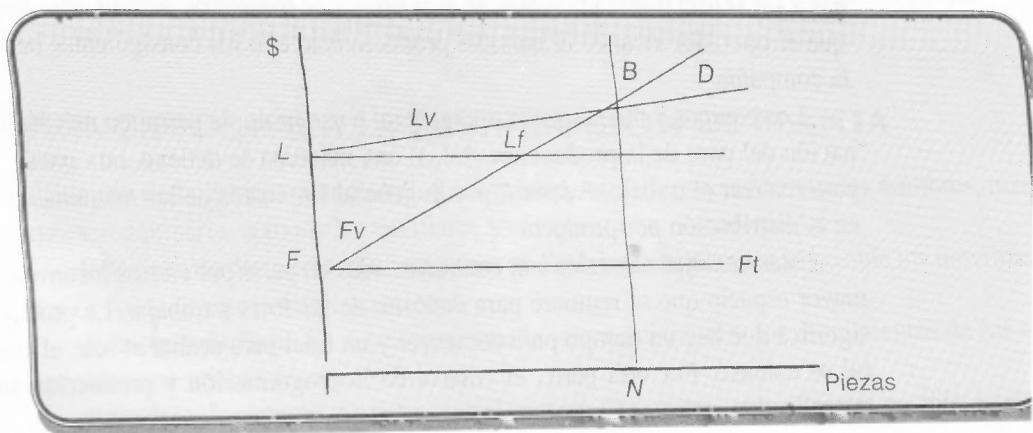


Figura 8.1  
Piezas en  
grupos  
tecnológicos.

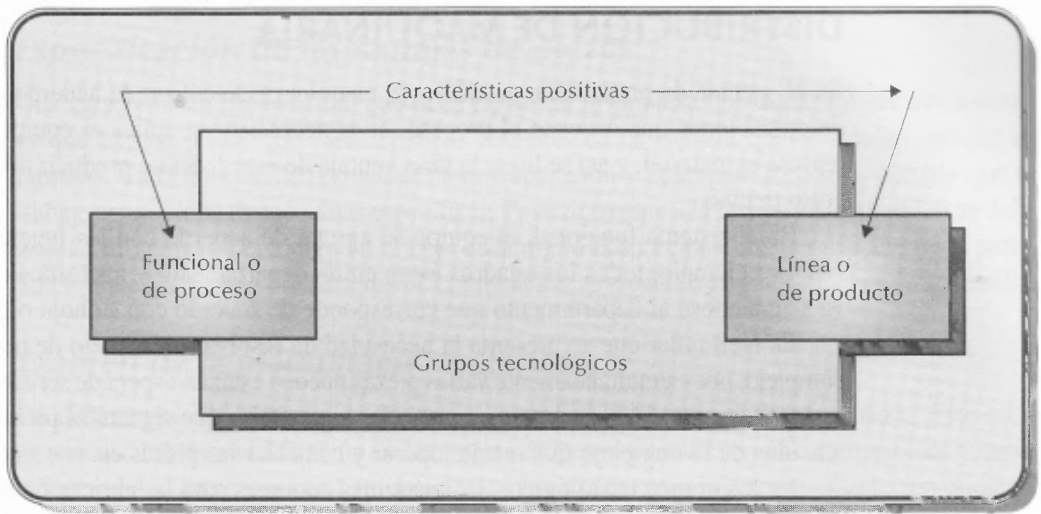


Figura 8.2  
Representación  
gráfica de las  
características  
de los grupos  
tecnológicos.

La distribución funcional representada por la línea  $F$  tiene gastos fijos pequeños (maquinaria barata), pero gastos variables altos (operadores más caros y más tiempo por operación).

La distribución en línea, representada por la recta  $L$ , tiene gastos fijos altos (maquinaria cara) y gastos variables pequeños (operarios baratos y tiempo menor de fabricación).

El punto de intersección de ambas líneas nos dará el número de piezas por encima del cual es aconsejable la distribución lineal y por debajo es más económica la distribución funcional.

Las ventajas inmediatas de este sistema es que no pierde flexibilidad pues se puede fabricar casi cualquier pieza, asignándola a su grupo correspondiente, donde se comparte las características comunes de la familia. Además, la responsabilidad está perfectamente limitada ya que cada jefe de grupo es totalmente responsable de la fabricación de cada pieza. El control de producción se reduce a un conjunto de grupo más sencillo de controlar por la similitud de las piezas.

En forma esquemática podemos representar esta idea en la figura 8.2

## Concepto de grupos tecnológicos

El concepto en que se basa el sistema de grupos tecnológicos parte de las siguientes premisas:

Las piezas producidas por una fábrica tipo taller tienen formas, acabados, operaciones y en general características tales que pueden ser clasificadas en pocas categorías (esta idea ha sido usada por varios siglos para clasificar las especies en el reino vegetal y animal).

Se pueden aprovechar la similitud entre piezas de una familia para agrupar máquinas que puedan realizar todas las operaciones necesarias en ella.

La preparación de las máquinas requiere menos tiempo, ya que es posible aprovechar la preparación de una máquina para producir varios tipos de piezas similares. Algunos autores sostienen que este sistema ha logrado romper la *barrera del tiempo de reparación*.



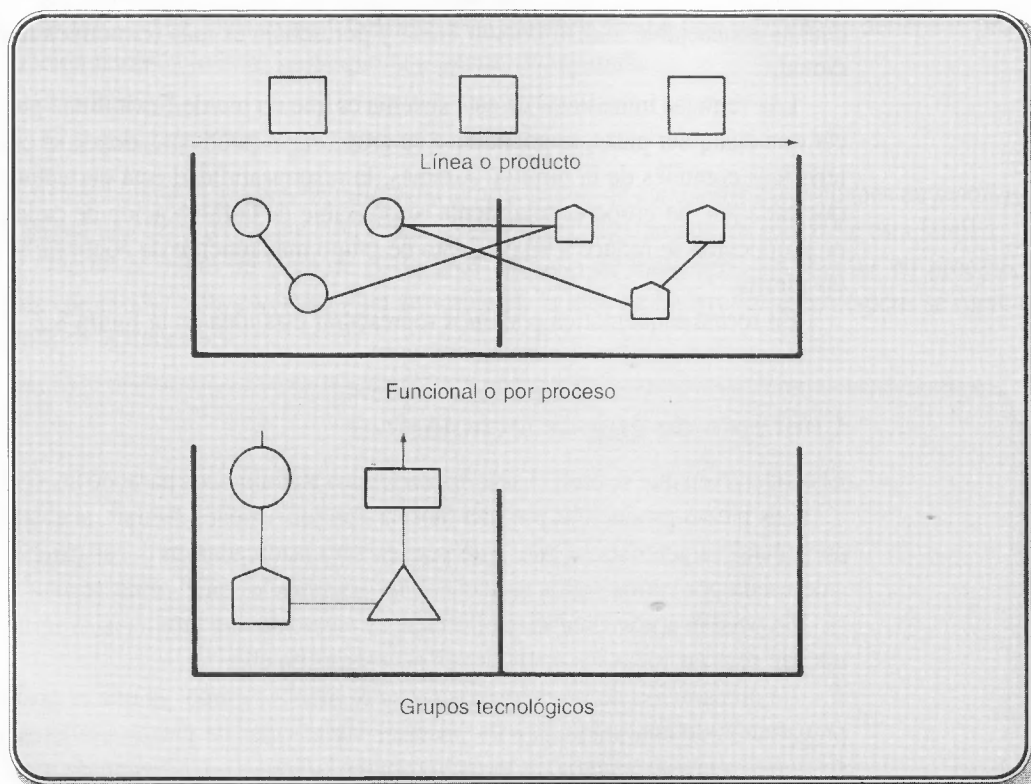
## DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA

En el sistema de producción por línea, la maquinaria se coloca de acuerdo con la secuencia de operaciones que necesite el proceso; si es necesario, se aplica el equipo para que no se regrese el material, y así se logra la gran ventaja de este sistema: producir mucho volumen en corto tiempo.

En el sistema funcional, el equipo se agrupa de acuerdo con las funciones que realiza. Así, por ejemplo, todos los taladros están en un departamento y los tornos en otro. La pieza va asignándose al departamento que corresponde de acuerdo con su hoja o guía de trabajo.

Es fácil notar que se presenta la necesidad de resolver un manejo de material altamente complejo, pues simultáneamente varias piezas pueden estar en espera de ser enviadas al siguiente departamento. Si se trazan en un plano las trayectorias que siguen las piezas se llega a tener una idea de lo complejo que resulta operar y controlar las piezas en este sistema.

En los grupos tecnológicos, las máquinas comunes para la fabricación de una familia de piezas se colocan en el orden de las operaciones más frecuentes. Hasta cierto punto, si la familia de piezas no es disímil, se podría afirmar que la distribución de maquinaria es una variable casi irrelevante. Por ejemplo, si una familia necesita de un rectificado, torneado y fresado, se deberían colocar estas máquinas en una misma área, de acuerdo con la distribución más conveniente. En la figura 8.3 se muestran las distribuciones de equipo.



**Figura 8.3**  
Distribución de  
equipos.

### ***Especificación de las familias de piezas***

Una característica fundamental que debe existir en la empresa que desee aplicar este sistema es que existan piezas con características comunes de tal manera que se puedan agrupar en familias. Cada familia, debido a que tiene preparación y operación similares, permite que se trabaje en un grupo de máquinas específicas. Posteriormente a la formación de familias se debe asignar un número de código en el cual cada dígito proporciona una descripción de la parte. Todas aquellas partes con números de codificación adyacentes pertenecen a la misma familia.

### ***Examen de la maquinaria existente***

Paralelamente a la codificación de partes, se realiza un estudio de la maquinaria. Este estudio comprende la identificación de las máquinas-herramientas con sus características y capacidades. Conviene hacer una lista de estas características para lograr una adaptación eficiente de la maquinaria a los grupos de las piezas que se hayan obtenido. Conjuntamente se hace un análisis de la herramienta y aditamentos necesarios por equipo.

### ***Resultados obtenidos***

En primer lugar se logra un control de producción más fácil y se puede mantener perfectamente definida la responsabilidad.

Al trabajar con piezas similares, se logra tener una pieza común a varios diseños. Por ejemplo, en un grupo tecnológico se tenía que producir flechas de 20 cm, 21 cm, y 22 cm; se investigó los usos de estas piezas y se encontró que todas podían ser sustituidas por la flecha de 27 cm.

El manejo de material se simplifica ya que la materia prima llega al GT y sale como producto terminado, ya sea directamente a ensamble o a almacén.

Se logra especializarse en la producción de partes y para las nuevas piezas se puede asignar a un grupo tecnológico que procese una familia con características semejantes.

## **ESTUDIO DE UNA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

El estudio de una distribución en planta y su producto se realiza en la siguiente forma:

1. Se recoge la información.
2. Se consideran los datos obtenidos y se plantean las distribuciones parciales.
3. Se plantea la distribución general.
4. Se comprueba la circulación y se proyecta la distribución definitiva.

### **INFORMACIÓN REQUERIDA**

Los factores que más influyen en el planteamiento de una distribución en planta son:

**Productos.** Es necesario conocer los productos que se fabrican o tratan de fabricarse, así como su diseño, dimensiones, peso, cantidad, embalajes (si fuesen necesarios), etcétera.

**Materiales.** Se deben conocer los materiales que intervienen en la fabricación, sus dimensiones, su forma de almacenamiento, si entre ellos hay piezas ya terminadas o semi-terminadas, etcétera.

**Ciclo de fabricación.** Naturalmente, el ciclo de fabricación es un factor primordial para decidir la distribución en planta. Se debe conocer el ciclo completo, operaciones, circulación, esperas, inspecciones, etcétera.

**Maquinaria.** Maquinaria que interviene, sus características de producción, dimensiones, peso, necesidades de fuerza, herramientas, etcétera.

**Operadores.** Otra información de gran importancia es la referida a los hombres y su categoría profesional que intervienen en toda la fabricación, no sólo en la parte operativa, sino también en los transportes, almacenes, etcétera.

**Movimiento de materiales y productos terminados.** Recipientes o bandejas para el traslado de materiales, medios mecánicos para estos traslados, estanterías, armarios, para los almacenamientos o esperas, etcétera.

**Servicios.** Se incluyen en este apartado los de mantenimiento, servicios higiénicos, sanitarios, comedores, etcétera.

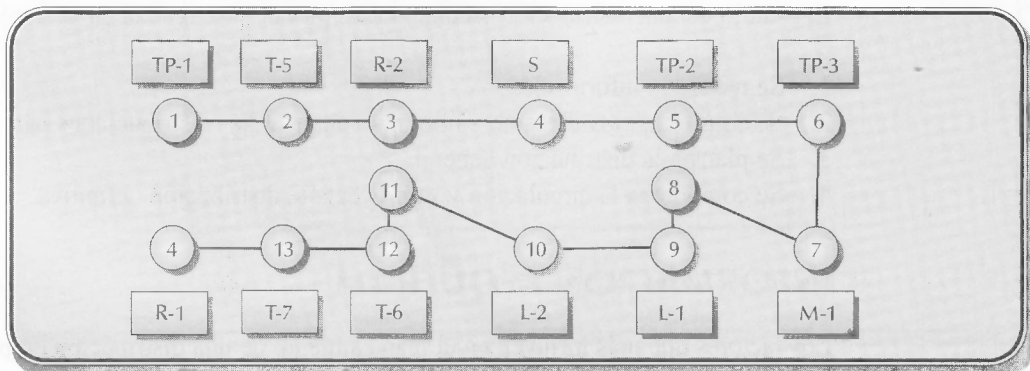
**Versatilidad de la distribución.** Se debe conocer si la planta cambia con frecuencia de fabricación, dato que debe tenerse bien presente.

Para facilitar la obtención de todos los datos deben prepararse listas-guía con todos los detalles importantes de cada uno de los factores citados.

## DISTRIBUCIONES PARCIALES

Una vez estudiada y depurada la información recogida de acuerdo con el tipo de fabricación, se debe elegir, en principio, el tipo de distribución más adecuada.

Si se trata de una distribución en línea, el diagrama de circulación nos orienta mucho sobre la forma de la distribución en planta, como puede verse en la figura 8.4. En este tipo de distribución, las máquinas adoptan sobre la superficie del taller la misma configuración que tiene el diagrama de la operación del proceso.



**Figura 8.4**  
Los diagramas de circulación dan una orientación muy valiosa sobre la distribución en planta más adecuada.

**Tabla 8.1**  
Relación de  
puestos de  
trabajo.

| Número | Máquina              |
|--------|----------------------|
| 1      | Vibrador V-1         |
| 2      | Trituradora T-5      |
| 3      | Cribadora C-3        |
| 4      | Mezclador M-2        |
| 5      | Vibrador V-3         |
| 6      | Estufa de secado E-1 |
| 7      | Mezclador M-1        |
| 8      | Estufa de secado E-2 |
| 9      | Almacén de cajas A-1 |
| etc.   |                      |

Si la distribución funcional resulta la más adecuada, como por ejemplo cuando se trata de fabricar varios productos, el problema es más complicado.

Para resolverlo, se debe empezar por determinar cuáles son los productos que se fabricarán. Supongamos que sean dos: el A, que representa 60% de la producción total, y el B, que representa 20%.

Después se relacionan, numerando, todos los puestos de trabajo y las máquinas con que están equipados, incluyendo también los lugares de espera, como se muestra en la tabla 8.1.

A continuación se forma un cuadro de doble entrada en el que se incluyen los números correspondientes a cada puesto de trabajo, tanto en las cabeceras de las filas como en las de las columnas. Luego se cuentan las veces que se transporta cada material acabado o semi-elaborado de un lugar a otro, y se le anota en la casilla correspondiente, como se muestra en las figuras 8.5 y 8.6.

#### LISTA DE COMPROBACIÓN

| De a | 1  | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
|------|----|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1    | -  | 19 | 0  | 8 | 0 | 0 | 0  | 13 | 7  | 1  | 0  | 30 |
| 2    | 22 | -  | 5  | 0 | 7 | 0 | 14 | 20 | 22 | 15 | 0  | 46 |
| 3    | 20 | 0  | -  | 7 | 0 | 8 | 0  | 14 | 7  | 0  | 9  | 4  |
| 4    | 3  | 8  | 0  | - | 0 | 0 | 4  | 0  | 0  | 0  | 0  | 9  |
| 5    | 1  | 0  | 5  | 0 | - | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  |
| 6    | 6  | 60 | 12 | 0 | 0 | - | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 7  |
| 7    | 20 | 4  | 0  | 5 | 0 | 0 | -  | 3  | 0  | 0  | 0  | 6  |
| 8    | 12 | 1  | 5  | 0 | 4 | 0 | 2  | -  | 0  | 1  | 5  | 8  |
| 9    | 0  | 2  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | -  | 0  | 0  | 22 |
| 10   | 0  | 8  | 6  | 0 | 4 | 0 | 0  | 10 | 0  | -  | 0  | 12 |
| 11   | 4  | 0  | 0  | 8 | 0 | 0 | 6  | 0  | 0  | 0  | -  | 15 |
| 12   | 0  | 30 | 0  | 2 | 0 | 0 | 60 | 0  | 0  | 20 | 0  | -  |

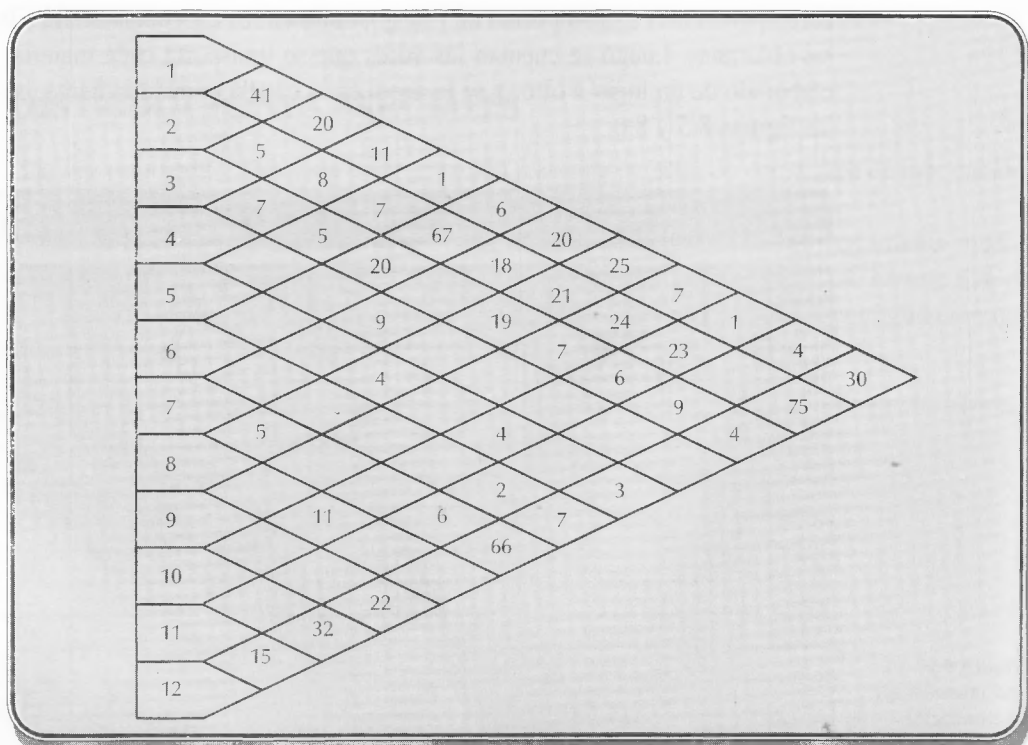
**Figura 8.5.**  
Movimientos en  
la fabricación  
del producto A.

## LISTA DE COMPROBACIÓN

| De a | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7 | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
|------|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|
| 1    | 2  | 16 | 5  | 3  | 3  | 15 | 0 | 3  | 4  | 10 | 1  | 30 |
| 2    | 3  | -  | 3  | 0  | 0  | 4  | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 3    | 2  | 0  | -  | 3  | 0  | 10 | 2 | 0  | 10 | 0  | 1  | 19 |
| 4    | 1  | 0  | 5  | -  | 20 | 0  | 0 | 3  | 0  | 6  | 0  | 16 |
| 5    | 0  | 0  | 0  | 40 | -  | 0  | 0 | 0  | 15 | 0  | 4  | 6  |
| 6    | 5  | 4  | 12 | 0  | 0  | -  | 0 | 0  | 40 | 0  | 0  | 1  |
| 7    | 7  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | - | 6  | 0  | 15 | 0  | 4  |
| 8    | 1  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0  | 2 | -  | 0  | 20 | 0  | 6  |
| 9    | 1  | 0  | 5  | 0  | 5  | 20 | 0 | 0  | -  | 0  | 0  | 2  |
| 10   | 20 | 0  | 0  | 4  | 0  | 0  | 5 | 10 | 0  | -  | 0  | 10 |
| 11   | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 | 0  | 0  | 0  | -  | 0  |
| 12   | 2  | 0  | 11 | 30 | 3  | 0  | 2 | 2  | 10 | 5  | 0  | -  |

**Figura 8.6**  
Movimientos de la fabricación del producto B.

Acto seguido se forman las tablas triangulares de cada producto, con la suma de los movimientos en los dos sentidos entre cada dos puestos de trabajo, tal como se puede observar en las figuras 8.7 y 8.8.



**Figura 8.7**  
Tabla triangular de los movimientos de la fabricación del producto A.

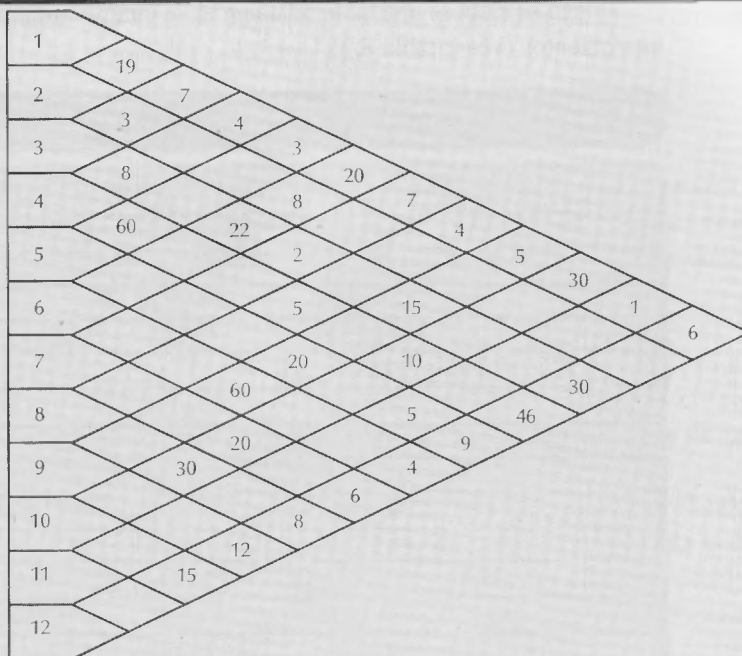


Figura 8.8  
Tabla triangular  
de los  
movimientos de  
la fabricación  
del producto B.

A continuación se forma una nueva tabla triangular con la suma de los movimientos ponderados con porcentajes señalados, entre cada lugar de trabajo, en la fabricación de los productos A y B, como se muestra en la figura 8.9.

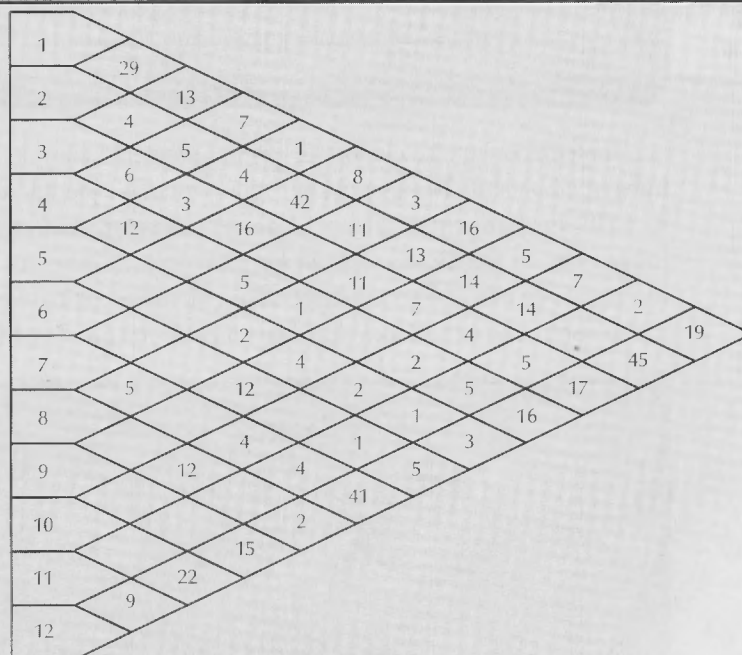


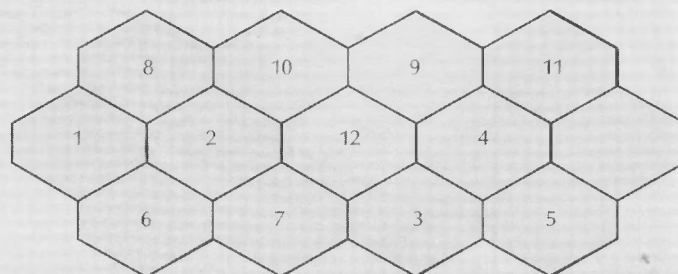
Figura 8.9  
Tabla triangular  
de los  
movimientos de  
la fabricación  
conjuntos de los  
productos A y B.

Luego se elabora una tabla resumen en la cual se ordena de mayor a menor el número de movimientos (véase tabla 8.2).

| <i>Relaciones</i> | <i>Movimientos</i> | <i>%</i> |
|-------------------|--------------------|----------|
| 2-12              | 46                 | 8.2      |
| 2-6               | 42                 | 8        |
| 7-12              | 41                 | 7.8      |
| 1-2               | 29                 | 5.5      |
| 10-12             | 22                 | 4.2      |
| 1-12              | 19                 | 3.6      |
| 3-12              | 17                 | 3.2      |
| 4-12              | 16                 | 3        |
| 1-8               | 16                 | 3        |
| 3-6               | 16                 | 3        |
| 9-12              | 15                 | 2.8      |
| 2-9               | 14                 | 2.6      |
| 2-10              | 14                 | 2.6      |
| 1-7               | 13                 | 2.5      |
| 2-8               | 13                 | 2.5      |
| 1-3               | 13                 | 2.5      |
| 6-9               | 12                 | 2.3      |
| 4-5               | 12                 | 2.3      |
| 8-10              | 12                 | 2.3      |
| 11-12             | 9                  | 1.7      |
| Etc.              | Etc.               | Etc.     |

**Tabla 8.2.**  
Tabla resumen  
de los  
movimientos  
ordenados por  
su porcentaje  
con relación al  
total.

Inmediatamente se elabora un primer planteamiento de la distribución de los puestos de trabajo, empleando hexágonos, que representarán cada uno un puesto de trabajo (véase figura 8.10). En este primer tanteo, se procura dejar en contacto los hexágonos que representen los puestos de trabajo que tengan los mayores movimientos de relación entre ellos. Se hace un croquis de esta primera distribución y, siempre con base en la tabla (véase figura 8.11), se hacen varias combinaciones de situaciones de los puestos de trabajo.



**Figura 8.10**  
Tanteo de la  
distribución de  
los puestos de  
trabajo, por  
medio de  
hexágonos.

Con los croquis a la vista se elige en principio la distribución que represente el menor recorrido total de los materiales semifabricados.

### *Anteproyecto de la distribución*

Una vez bosquejada la situación relativa de los puestos de trabajo, se llevarán a la realidad, para lo cual es necesario conocer la producción diaria posible y las máquinas necesarias para la producción total acordada. Este número se obtiene fácilmente por medio de la expresión:

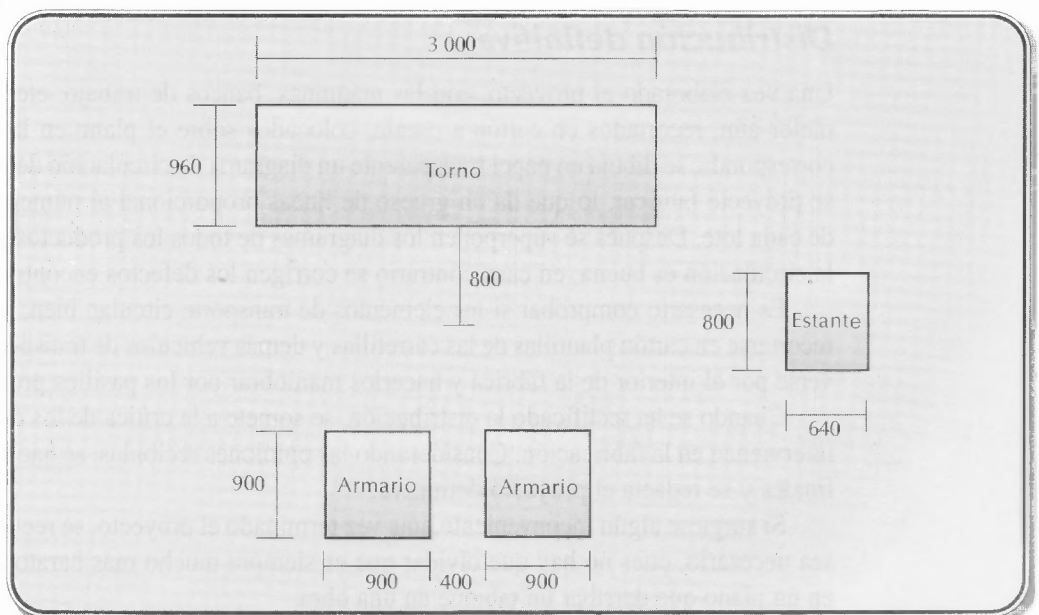
$$\text{Número de máquinas} = \frac{\text{Producción diaria total}}{\text{Producción diaria de cada máquina}}$$

De la misma manera se calculan las necesidades de todos los elementos de producción e incluso de los auxiliares.

La superficie necesaria en planta es un dato básico que se obtiene calculando primero la superficie que se necesita para cada puesto de trabajo, teniendo en cuenta que no sólo es necesario el espacio para la máquina y el operador, sino para los elementos auxiliares, como armario para guardar los accesorios de las máquinas, estantes para dejar las piezas, etcétera, tal como se aprecia en la figura 8.11.

Después se anotan en un cuadro la totalidad de los puestos de trabajo con las dimensiones necesarias y la superficie ocupada (véase tabla 8.3).

**Figura 8.11** Para calcular la superficie necesaria para cada puesto de trabajo debe contarse no sólo la necesaria para la máquina y el operador, sino también la que corresponde a los elementos auxiliares, tales como armarios para las herramientas, estantes para las piezas, etcétera.





**Tabla 8.3.** Cálculo de la superficie necesaria para la totalidad de los puestos de trabajo.

| Máquina o<br>Puesto<br>No. | Dimensiones |              |              | Superficie necesaria       |                         |                          |
|----------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                            | Alto<br>(1) | Ancho<br>(2) | Largo<br>(3) | Máquina<br>(4) = (2) + (3) | Operario y<br>mesas (5) | Total<br>(6) = (4) + (5) |
| 1                          | 1.60        | 0.50         | 3.20         | 1.6 m2                     | 2.00 m2                 | 3.60 m2                  |
| 2                          | 1.65        | 0.50         | 3.00         | 1.50 m2                    | 2.00 m2                 | 3.50 m2                  |
|                            | Etc.        |              |              |                            |                         |                          |
|                            |             |              |              |                            |                         |                          |
|                            |             |              |              |                            |                         |                          |

Finalmente, debe considerarse la superficie total de la fábrica. En años pasados se prefería construir las fábricas en pabellones aislados, uno para cada sección. Actualmente, por grandes que sean las fábricas, forman una unidad totalmente cubierta e intercomunicada. Sin embargo, caben variaciones en la forma de la planta, sobre todo si se pretende dar la mayor iluminación natural.

Las formas de plantas pueden recordarse con el vocablo

### CHIFETOL

Cada letra de este vocablo es una forma de planta. En forma de C, de H, de I (una nave recta), de F, de E, de T, de O (rectangular) y de L.

### Distribución definitiva

Una vez elaborado el proyecto, con las máquinas, bancos de trabajo, etcétera, dibujados, o mejor aún, recortados en cartón a escala, colocados sobre el plano en la situación que les corresponda, se dibuja en papel transparente un diagrama de circulación de cada producto que se proyecte fabricar, lo que da un grueso de líneas proporcional al número de movimientos de cada lote. Después se superponen los diagramas de todos los productos y se comprueba si la circulación es buena; en caso contrario se corrigen los defectos encontrados.

Es necesario comprobar si los elementos de transporte circulan bien, para lo cual deben recortarse en cartón plantillas de las carretillas y demás vehículos de transporte que deben moverse por el interior de la fábrica y hacerlos maniobrar por los pasillos previstos en el plano.

Cuando se ha rectificado la distribución, se somete a la crítica de los demás técnicos que intervienen en la fabricación. Considerando las opiniones recibidas, se hacen las correcciones finales y se redacta el proyecto definitivo.

Si surgiese algún inconveniente, una vez terminado el proyecto, se rectifica cuantas veces sea necesario, pues no hay que olvidar que es siempre mucho más barato corregir una línea en un plano que derribar un tabique en una obra.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Barnes, M. Ralph, *Manual de Ingeniería Industrial*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.
- Lasheras, José María, *Tecnología de la organización industrial*, vol. II, Cedel, 3a. ed., México-Barcelona, 1985.
- Maynard, H. B., *Manual de la ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1960.
- OIT, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.
- Treviño Uribe, Jaime, *Apuntes de Ingeniería Industrial*, ITESM, México, 1980.

## Seguridad e higiene industrial

Largo es el camino de la enseñanza por medio de teorías: breve y eficaz por medio de ejemplos.

Séneca

### OBJETIVOS

- Justificar la importancia de la seguridad industrial.
- Determinar los daños ocasionados por los accidentes y el alto costo que éstos implican.
- Conocer cuáles son los reglamentos oficiales relacionados con la seguridad industrial.
- Describir las funciones de las comisiones mixtas.
- Describir la forma de trabajo de la comisión.
- Indicar algunas de las causas de costos directos e indirectos ocasionados por los accidentes.
- Definir los índices de frecuencia de gravedad y de siniestralidad.

## SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

Es indispensable destacar la importancia que tiene la relación entre el estudio del trabajo y la seguridad e higiene industrial, basada en la higiene del lugar de trabajo y la seguridad del trabajador.

**Seguridad industrial** es la aplicación de técnicas para la reducción, control y eliminación de los accidentes y enfermedades de trabajo.

La importancia de esta disciplina radica en que logra evitar el dolor físico y el temor a sufrir accidentes se reduce si se sabe cómo prevenirlos. Sin percances lamentables, prácticamente no existe el remordimiento por no ser igualmente útil después del accidente o la disminución de la capacidad para realizar trabajos.

Los daños causados a la familia del accidentado se materializan en la reducción del ingreso familiar, la inestabilidad emocional y limitaciones en alimentación, vestido, vivienda, etcétera.

Por otra parte, los daños causados a las empresas son el deterioro de la moral del grupo donde suceden los accidentes, así como de la cantidad y la calidad de producción. Además, pérdidas en materiales, maquinarias y equipos en el lugar donde ocurren los accidentes y pérdidas económicas por pago de indemnizaciones y pagos mayores al seguro social a causa de una elevada frecuencia de percances.

Finalmente, entre los daños causados al país se cuentan la disminución de la fuerza de trabajo con que dispone la nación para su desarrollo y la manutención de numerosos inválidos causados por los accidentes, gasto que asciende a miles de millones de pesos.

## LEGISLACIÓN

En nuestro país, la protección de la fuerza de trabajo está debidamente reglamentada en el artículo 123 de la Constitución y en distintos reglamentos, que obligan tanto a empresarios como a trabajadores a colaborar por la seguridad.

Es muy útil conocer lo que dicen las leyes sobre la seguridad industrial. Aquí sólo mencionaremos el número de los artículos de la Constitución y los de la Ley federal del trabajo que se refieren a la seguridad, así como el nombre de los reglamentos especiales.

### *Fundamento legal de la seguridad e higiene en el trabajo*

Con la Constitución de 1917 nació en México el derecho laboral, cuyas disposiciones están contenidas en los artículos 4o., 5o. y 123; asimismo, en 1918 se presentaron dos importantes proyectos que contenían sólidos argumentos sobre riesgos profesionales.

El 18 de agosto de 1931 fue promulgada la primera Ley federal del trabajo, la que en su título VI trata de riesgos profesionales y de las prestaciones a que tienen derecho los trabajadores y sus familias.

Posteriormente se promulgaron diversos reglamentos que completan la legislación, entre otros, el de medidas preventivas de accidentes de trabajo, el de minas y seguridad en los trabajos de minas, el reglamento de inspección de generadores de vapor y recipientes a presión y el de higiene en el trabajo.

La Ley federal del trabajo de 1931 fue abrogada por una nueva ley que entró en vigor el 1o. de mayo de 1970. A esta nueva ley, en 1978 se le incorporó una reforma muy importante basada en la fracción XIII del artículo 123 constitucional, referida al derecho que tienen los trabajadores a recibir por parte de sus patrones capacitación o adiestramiento en materia de seguridad e higiene, a fin de prevenir los riesgos de trabajo. Para la aplicación y supervisión

de estas disposiciones las autoridades federales contarán con el auxilio de las estatales cuando se trate de actividades de jurisdicción local, según lo establece la fracción XXXI del apartado A del citado artículo.

### **Reglamentos especiales sobre seguridad**

- Las principales disposiciones sobre la materia están contenidas en los siguientes ordenamientos legales:
  - Reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo.
  - Reglamento de higiene del trabajo.
  - Reglamento de medidas preventivas de accidentes de trabajo.
  - Reglamento de labores peligrosas o insalubres para mujeres y menores.
  - Reglamento de seguridad en los trabajos en minas.
  - Ley del Seguro Social y disposiciones complementarias.
  - Ley del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.
  - Ley del Instituto de Seguridad Social para las Fuerzas Armadas Mexicanas.

## **COMISIONES MIXTAS DE SEGURIDAD E HIGIENE**

Estas comisiones, legalmente obligatorias, deben estar formadas por igual número de representantes del patrón y de los trabajadores.

Sus funciones principales son:

- Investigar las causas de accidentes y enfermedades de trabajo.
- Promover la adopción de medidas preventivas necesarias y vigilar que se cumplan las disposiciones que, sobre seguridad e higiene, se hayan dictado en el reglamento interior de trabajo.
- Poner en conocimiento de las autoridades competentes las violaciones a estas disposiciones y realizar cuando menos una inspección al mes para comprobar que las condiciones de seguridad e higiene prevalezcan en los centros de trabajo.
- Celebrar juntas, cuando menos una vez al mes, con el fin de dictar las medidas necesarias para corregir las condiciones inseguras e insalubres que se hayan detectado en las inspecciones.
- Recopilar información técnica sobre medidas preventivas de accidentes, organizar cursos de prevención de accidentes, utilización de equipos de seguridad y primeros auxilios y hacer publicidad de los accidentes ocurridos, sus causas y hacer hincapié en las medidas de seguridad que podrían haberlos evitado.

### ***Número de comisiones requeridas***

No siempre existe una sola comisión, es decir, existen características que debemos tener en cuenta para determinar el número de comisiones por empresa y el número de representantes

de cada comisión, como son los turnos que trabajan, número de obreros que tiene la planta y la cantidad de divisiones, plantas o unidades de que se componga la empresa, el medio ambiente en el cual se encuentra la planta, el grado de peligrosidad de las máquinas y de los procesos, etcétera.

### ***Requisitos para ser miembro de las comisiones***

Para integrar una comisión se deben cubrir diversos requisitos, a saber:

1. Ser trabajador o empleado de la empresa.
2. Ser mayor de edad.
3. Poseer la instrucción y experiencia necesarias.
4. Ser responsable y de conducta intachable.
5. Ser el sostén económico de la familia.
6. Gozar de la estimación general de los trabajadores.
7. No ser adicto a las bebidas alcohólicas, drogas o juegos de azar.

La máxima autoridad de la seguridad de la empresa debe formar parte de la comisión, de preferencia como secretario.

La comisión debe realizar una investigación de los accidentes, para poder contestar las siguientes preguntas: ¿Qué sucedió? ¿Por qué sucedió? ¿Cómo puede impedirse que ocurra algo parecido?

Para que la investigación de los accidentes sea eficaz es necesario cubrir tres etapas: investigación preliminar, intermedia y oficial.

### **Investigación preliminar**

En esta fase se deben consultar los registros de primeros auxilios para averiguar qué sucedió, qué hacía el empleado y cuál es su puesto.

La comisión de seguridad debe visitar el sitio del accidente, interrogar a los testigos presentes del accidente y tomar fotografías del lugar.

Se interroga al herido lo más pronto posible, si su estado lo permite, para obtener su versión del accidente, pues después la puede alterar.

### **Investigación intermedia**

En esta etapa se interroga nuevamente al herido para detectar cualquier variación en el contenido de su relato.

Luego se lleva a cabo un estudio detallado de los métodos de trabajo de los operadores que realizan labores similares y se estudia la maquinaria semejante.

El segundo paso es hacer un estudio de la experiencia de los compañeros en casos semejantes y, por último, se realiza una investigación de los dispositivos vigentes de seguridad.

## Investigación oficial

En esta fase, como primera medida, se debe celebrar una reunión en la oficina principal para demostrar al empleado el interés de la dirección en su problema.

El grupo de investigación, compuesto por el superintendente general, un representante del sindicato y un supervisor de la misma clase de trabajo, es elegido por la comisión de seguridad, la cual asume la presidencia del grupo, interroga a los testigos y luego presenta las pruebas.

La comisión debe reunirse cuando menos una vez al mes para conocer el estado de los asuntos pendientes, tomar nuevos acuerdos para acelerar su trámite, decidir sobre nuevas situaciones, hacer inspecciones a la planta, etcétera.

## Asuntos a tratar en la junta

Durante las reuniones de la junta se deben tratar diversos temas, entre ellos:

- La lectura y la aprobación del acta de la junta anterior.
- Revisión de nuevos casos de accidentes o condiciones inseguras.
- Revisión del avance de los puntos pendientes.
- Estudio de las estadísticas de los accidentes del mes y su comparación con los del pasado.
- Acordar nuevas actividades a emprender por los miembros de la comisión.
- Determinar la fecha de la siguiente junta.

Debido a que estas juntas son una obligación legal, es necesario llevar un libro de actas debidamente sellado y dar copia de cada acta a:

1. Director de Trabajo y Previsión Social.
2. Secretaría de Salubridad (SS).
3. Director general de la empresa.
4. Secretario general del sindicato.
5. A cada uno de los miembros de la comisión.
6. A las personas que deban tomar acción para eliminar riesgos.

## COSTOS ASOCIADOS A LOS ACCIDENTES: SUS CAUSAS Y SU PREVENCIÓN

En años recientes los accidentes en las fábricas costaron un promedio de ocho días al año por cada uno de los trabajadores, lo cual sólo de mano de obra significa para una de ellas un gasto elevado, sin considerar otros costos como: indemnizaciones, gastos médicos, costo de producción, pérdidas y muchos otros gastos. El total de los costos de los accidentes es tal que podría poner en peligro la existencia de la fábrica.

### *Costo directo de los accidentes*

El *costo directo* está representando principalmente por los salarios de la persona lesionada durante el periodo de su incapacidad y su atención médica en caso de incapacidad perma-

nente. Este costo ordinariamente es cubierto por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) o compañías aseguradoras.

Muchas empresas consideran que el accidente se liquida cuando se cubren estos gastos, pero aunque son los más notorios, por realizarse cerca del accidente, sólo representan una quinta parte del costo total.

### ***Costos indirectos de los accidentes***

Los costos indirectos de los accidentes, también llamados ocultos por las dificultades que implica su cuantificación, son los más importantes, pues cuadruplican o quintuplican los costos directos.

En 1927 H.W. Heinrich presentó un trabajo ante el Congreso Nacional de Seguridad, en el que estableció, con base en estudios realizados en varias plantas, que la proporción de los costos indirectos a los directos es de 4 a 1. Asimismo, presentó una lista de los posibles costos indirectos.

Esta lista, dice Heinrich, no incluye todos los aspectos que podrían muy bien recibir atención, aunque delinea con claridad el círculo vicioso y aparentemente interminable de sucesos que son el séquito de todo accidente: costo del tiempo perdido por el trabajador accidentado y por otros trabajadores que tienen que suspender su labor a causa de curiosidad, simpatía, para ayudar al compañero herido o por otras razones.

También incluyó el costo del tiempo perdido por el capataz, los supervisores y otros ejecutivos que tuvieron que ayudar al trabajador lesionado, investigar la causa del accidente, arreglar la continuidad de la producción del trabajador y seleccionar, adiestrar o nombrar un nuevo trabajador sustituto del accidentado. También se deben incluir en los costos la preparación de informes oficiales o la asistencia a las audiencias en los tribunales fijados con motivo del accidente.

Además, enumera:

- Costo del tiempo empleado por el encargado de primeros auxilios y el personal del departamento médico, cuando no es pagado por la compañía de seguros.
- Costo del daño causado a la máquina, herramienta u otros útiles, o del material desperdiciado.
- Costo incidental debido a la interferencia en la producción, falta de cumplimiento en la fecha de entrega de los pedidos, pérdida de primas, pagos de indemnizaciones por incumplimiento y otras causas semejantes.
- Costo que tiene que desembolsar el patrón de acuerdo con los sistemas de bienestar y beneficio para los trabajadores; además, tiene que continuar pagando los salarios del trabajador accidentado a su regreso al trabajo, aun cuando su rendimiento no sea pleno por no estar suficientemente recuperado. En consecuencia, se registra una pérdida de utilidades en la productividad del accidentado y de las máquinas ociosas.

A todo lo anterior se debe sumar el costo de los daños subsecuentes como resultado de un estado emocional o moral deteriorado por el accidente, y los desembolsos por concepto



de gastos generales fijos correspondientes al lesionado, a saber: luz, calefacción, renta y otros ítems, los cuales siguen corriendo durante el tiempo en el que el trabajador no produce.

## ***Causas de los accidentes***

En primera instancia, el accidente está constituido por el hecho momentáneo que produce la lesión de la persona o el daño, deterioro o desperdicio de la producción, o ambos aspectos.

El factor casi determinante de los accidentes de trabajo son los actos y/o las condiciones inseguras.

Debemos analizar más detenidamente qué es lo que genera esas circunstancias peligrosas. Se ha determinado que todas las subcausas que influyen en la producción de un accidente laboral pueden reducirse a tres:

- Actitud inapropiada.
- No se quiere; falta de conocimiento, no se sabe.
- Incapacidad física o mental, no se puede.

Por otra parte, según Heinrich, los factores que conforman un accidente son:

### **a) Agente del accidente y sus partes**

Se entiende por agente aquel objeto, sustancia o exposición que está más asociado con la lesión que se produjo y que debió haber sido corregido.

Para determinarlo se deben seguir las siguientes reglas: identificar no sólo el agente en general, sino, siempre que se pueda, la parte de él que ocasionó el accidente.

Es necesario seleccionar el agente más íntimamente asociado con la lesión, ya sea por el lugar o por el tiempo.

Debe seleccionarse como agente a una persona sólo cuando no existe otro.

Los agentes se dividen en las siguientes categorías.

1. Máquinas: telares, cepillos, etcétera.
2. Motores: eléctricos, de vapor, etcétera.
3. Elevadores.
4. Transportadores.
5. Tanques a presión.
6. Vehículos.
7. Aparatos de transmisión de fuerza mecánica: polipastos, cables, etcétera.
8. Aparatos eléctricos.
9. Herramientas de mano.
10. Sustancias químicas.
11. Sustancias calientes o inflamables.
12. Polvos.
13. Sustancias radiactivas.
14. Agentes no clasificados.
15. Información insuficiente.

### **b) Condiciones físicas o mecánicas inseguras**

Estos factores pueden definirse como aquellos que pudieron y debieron haber sido corregidos. Las principales condiciones de este tipo se dividen de la siguiente manera:

1. Sin la protección requerida.
2. Protección inadecuada.
3. Condiciones defectuosas, por encontrarse en mal estado.
4. Diseño inseguro de máquinas y herramientas de acuerdo con su empleo.
5. Distribución de planta insegura.
6. Iluminación inadecuada (por falta o por exceso).
7. Ventilación inapropiada.
8. Ropa y equipo personal inseguro.
9. Condición no clasificada.
10. Datos insuficientes.

### ***Tipos de accidente***

Los **tipos de accidente** pueden definirse como la forma de contacto de la persona lesionada con un objeto, sustancia, exposición o movimiento, que causaron inmediatamente la lesión.

Podemos clasificar los tipos de accidentes de la siguiente manera:

1. Golpe de la persona: ésta es proyectada contra un objeto.
2. Golpe por el objeto: éste es proyectado contra la persona.
3. Atrapado, o cogido por, en, o entre algo.
4. Caída.
5. Sobreesfuerzo.
6. Contacto con temperaturas extremas.
7. Inhalación o absorción de sustancias tóxicas.
8. Contacto con corrientes eléctricas.
9. Tipo de accidente no clasificado.

### **Acto inseguro**

Un **acto inseguro** puede definirse como la violación de un procedimiento que debió observarse, como consecuencia de lo cual se produjo el accidente.

Debe determinarse si el acto inseguro fue producido por el lesionado, o por otra persona. Su clasificación es:

1. Se operó sin la autorización necesaria.
2. Se operó sin contar con los dispositivos de seguridad prescritos.
3. Se operó con velocidades inseguras.
4. Uso o empleo inseguro del equipo.
5. Carga, colocación, mezcla, combinación, etcétera, inseguras.
6. Posición insegura.

7. Trabajo con equipo en movimiento cuando ello está prohibido.
8. Travesuras, distracciones, etcétera.
9. Falta de ropa o equipo de protección personal.

### Factor personal inseguro

El **factor personal inseguro**, que puede definirse como las características físicas o mentales inapropiadas que ocasionan el acto inseguro, puede clasificarse en:

1. Actitud impropia.
2. Falta de conocimiento.
3. Carencia de destreza.
4. Defectos físicos.
5. Situación psíquica.
6. Factores personales inseguros.

## PREVISIÓN DE ACCIDENTES

Lo más importante para la previsión de accidentes radica en las acciones correctivas que se emplean, con base en el análisis de las causas que condujeron a la producción de los percances.

En orden de importancia podemos mencionar los siguientes medios:

**Selección adecuada del personal.** Es necesario considerar las características físicas y/o psíquicas de la persona interesada en cubrir el puesto tomando en cuenta los riesgos que el mismo implica, en relación con sus características de nerviosismo, excitabilidad, imprecisión de movimientos, etcétera.

**Educación sistemática.** Esta herramienta constituye el medio más importante y eficaz de prevenir los accidentes y enfermedades. Si 98% de éstos se deben a actos inseguros y a condiciones inapropiadas, lo fundamental radica en introducir esta realidad en la mente de obreros, empleados y jefes y convencerlos de la necesidad de conocer las medidas de seguridad y adoptarlas a pesar de las molestias que puedan implicar.

**Recolocación del trabajador.** Debido a que los accidentes pueden deberse a circunstancias personales de salud, debilidad, nerviosismo, etcétera, del trabajador, lo más importante es tratar de colocarlo en otro puesto, distinto a aquél en el que presenta propensión a accidentarse.

**Revisión técnica periódica.** Uno de los medios correctivos más útiles es la revisión periódica y obligatoria que deben hacer los técnicos y el jefe de personal para corregir aquellas circunstancias o medidas de protección inadecuada o actividades inseguras que se están realizando.

**Tratamiento médico.** En muchas ocasiones, la propensión a accidentarse es consecuencia de determinadas causas fisiológicas.

**Orientación psíquica.** Quizás más importante que la acción correctiva es la orientación psicológica que pueda darse al trabajador, ya que la ocurrencia de los accidentes suele coin-

cidir con insatisfacción de éste, ansiedades por situaciones relacionadas con la empresa o su familia, o por diversos tipos de frustraciones.

**Disciplina.** Es indiscutible que cuando se rompe, o al menos se debilita la disciplina en una empresa, los relajamientos entre los trabajadores, la falta de orden en la manera de realizar su trabajo, dejar fuera de lugar herramientas, material, etcétera, suelen ser causa directa de accidentes.

### *Frecuencia y severidad*

Se llama frecuencia al número de accidentes que ocurren en un periodo determinado, ordinariamente de un año, y severidad a la gravedad, de los percances, es decir, el número de días-hombre perdidos por causa de ellos.

Los diversos índices se calculan de la siguiente manera:

Índice de frecuencia (art. 28)

$$If = \frac{n \left( \frac{1\,000}{90} \right)}{N}$$

Índice de gravedad (art. 29)

$$Ig = \frac{\left( \frac{s}{365} \right) + (0.16 \times I) + (16 \times D)}{N}$$

Índice de siniestralidad (art. 30)

$$Is = If \times Ig \times 1\,000\,000$$

$$Is = \frac{n \left( \frac{1\,000}{90} \right) \left[ \left( \frac{s}{365} \right) + (0.16 \times I) + (16 \times D) \right]}{N^2} \times 10^6$$

de donde:

$If$  = Índice de frecuencia

$Ig$  = Índice de gravedad

$Is$  = Índice de siniestralidad

$n$  = Número de casos de riesgo de trabajos terminados

$N$  = Número de trabajadores promedio expuestos a los riesgos

$S$  = Total de días subsidiados a causa de incapacidad temporal

$I$  = Suma de los porcentajes de las incapacidades permanentes, parciales y totales

$D$  = Número de defunciones

$1\,000/90$  = Factor de equilibrio, relativo al número de casos de riesgos de trabajo por cada 1 000 trabajadores expuestos al riesgo

- 365 = Número de días naturales del año  
 .16 = Factor de ponderación sobre la vida activa de un individuo que es víctima de un accidente mortal o de una incapacidad permanente total  
 1 000 000 = Ponderación para facilitar la lectura y aplicación del índice de siniestralidad

### Ejemplo

Una empresa en el periodo comprendido entre el 1o. de enero y el 31 de diciembre de 1995, tuvo 600 trabajadores expuestos a riesgos de trabajo. En este lapso 10 trabajadores resultaron incapacitados durante 10 días cada uno, 2 a quienes se les otorgó incapacidad permanente parcial y 5 que aún no se han dado de alta. La empresa calculó en 508 el promedio de días subsidiados. También la empresa obtuvo el porcentaje de las incapacidades permanentes parciales dictaminadas por el IMSS, una con 5%, la otra con 15%.

Durante ese año no hubo defunciones. A continuación se muestran los datos y las operaciones correspondientes:

Periodo de cómputo: del 1o. de enero de 1995 al 31 de diciembre de 1995.

$$\begin{aligned}n &= 17 \\N &= 600 \\S &= 508 \\I &= 5\% + 15\% = 20\% \\D &= 0\end{aligned}$$

Sustituyendo en las fórmulas anteriores,

$$I_f = \frac{17 \left( \frac{1\,000}{90} \right)}{600} = \frac{188.888}{600} = 0.314815$$

Esto significa que, en un día laborable, la probabilidad de que ocurra un siniestro en la empresa es de 0.314815.

$$I_g = \frac{\left( \frac{508}{365} \right) + (0.16 \times 20) + (16 \times 0)}{600} = \frac{4.591781}{600}$$

$$I_g = 0.007653$$

De acuerdo con estas operaciones, el tiempo promedio perdido por riesgos de trabajo producidos en la empresa debido a incapacidades temporales, permanentes, parciales o totales y defunciones es de 0.007653; por lo tanto,

$$I_s = 0.314815 \times 0.007653 \times 1\,000\,000$$

$$I_s = 0.002409 \times 1\,000\,000$$

$$I_s = 2\,409$$

Esto significa que el índice de siniestralidad es de 2 409. Debido a que este valor es inferior al mínimo que señala la columna del producto de los índices de frecuencia y gravedad por un millón (tabla contenida en el artículo 79 de la Ley de Instituto Mexicano del Seguro Social), es lo que pagará al mismo.

## ERGONOMÍA

Ergonomía es un sencillo proceso de aplicación del “sentido común”. Además, es una herramienta que no requiere de mucho entrenamiento que, por necesidad, debe estar enfocada en el producto y en el usuario del proceso.

En síntesis, se puede decir que la ergonomía es la disciplina científica que estudia todo lo concerniente a la relación entre el hombre y sus condiciones de trabajo.

### Aspecto del diseño del área de trabajo

- Ciclos de trabajo.
- Manejo de materiales y levantamientos.

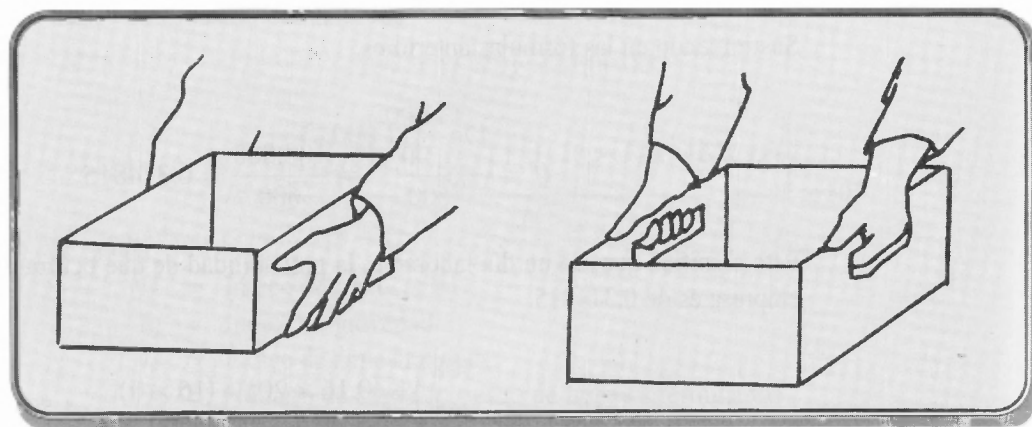


Figura 9.1

### Ergonomía y seguridad

Desde un punto de vista ergonómico, es fundamental prevenir y/o eliminar situaciones que puedan poner en riesgo la seguridad del trabajo mediante la verificación y/o instalación de reglamentos, procedimientos de operación y dispositivos adecuados.



Figura 9.2

### Aspecto del diseño del área de trabajo

- Herramientas.
- Medio ambiente-iluminación.

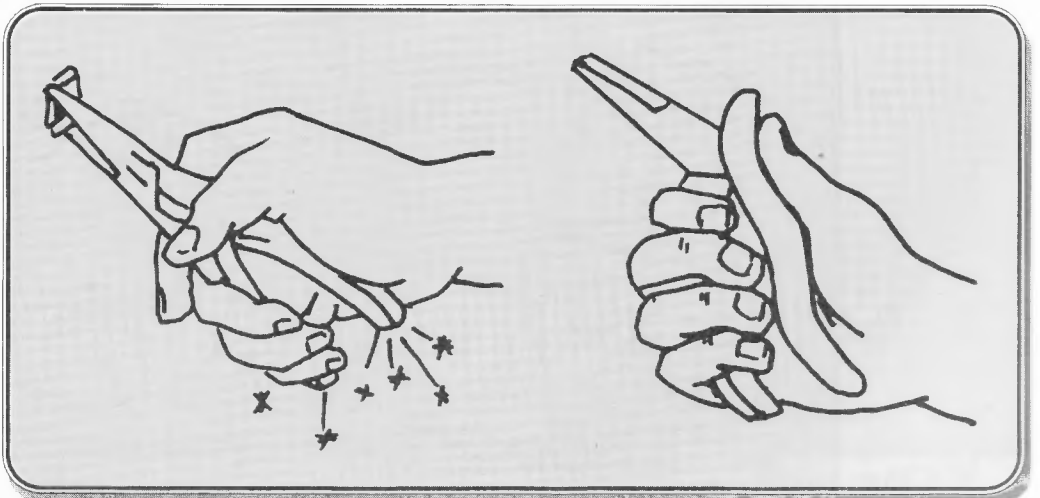


Figura 9.3

- Iluminación.
- Ruido.
- Temperatura.



Figura 9.4

- Tipos de estaciones de trabajo.
- Antropometría.

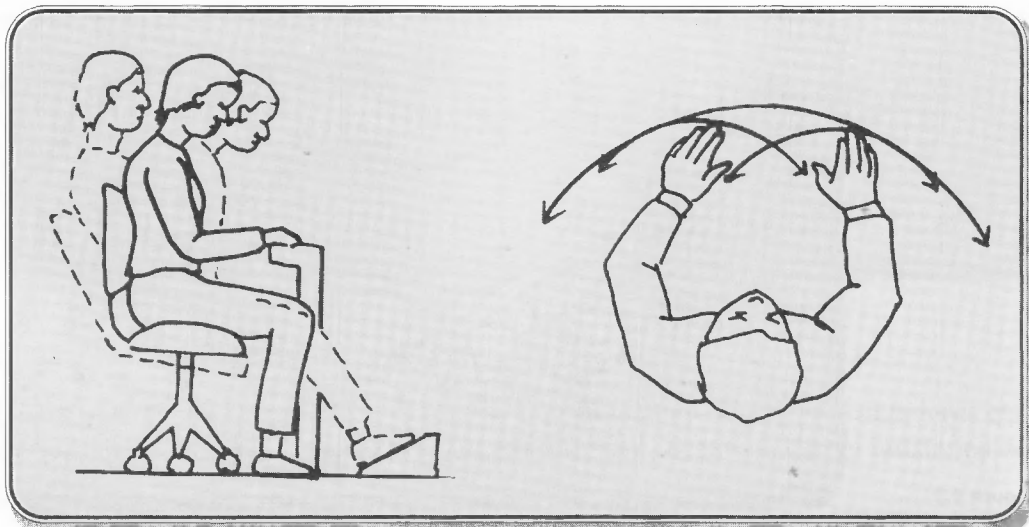


Figura 9.5



- Establezca la altura 5 a 15 cm debajo del codo.
- Reducir riesgos por desordenes traumáticos.
- Evite posiciones fijas.

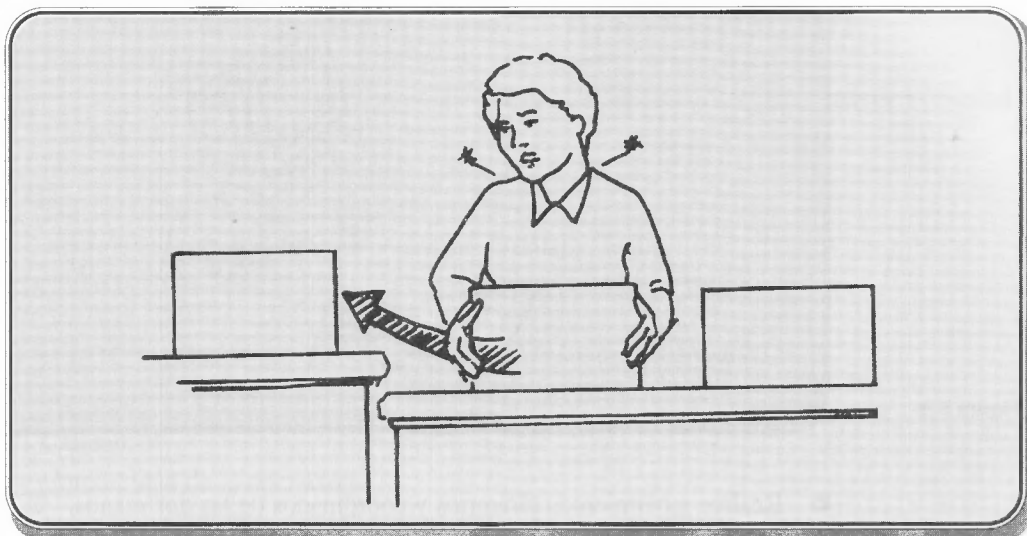


Figura 9.6

### Guías de ergonomía

- Use moción en las dos manos en lugar de una sola.
- Minimice el espaciamiento de partes, estructuras y puntos de uso.
- Utilice la gravedad.

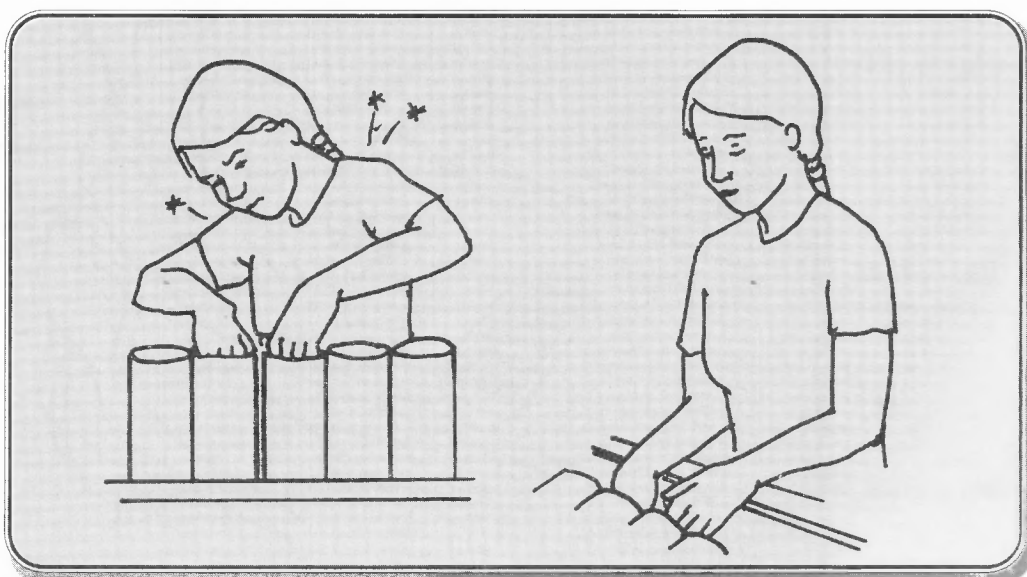


Figura 9.7

- Realice movimientos de ambas manos simétricos y opuestos.
- Los movimientos de la vista deben ser paralelos al movimiento de las dos manos.

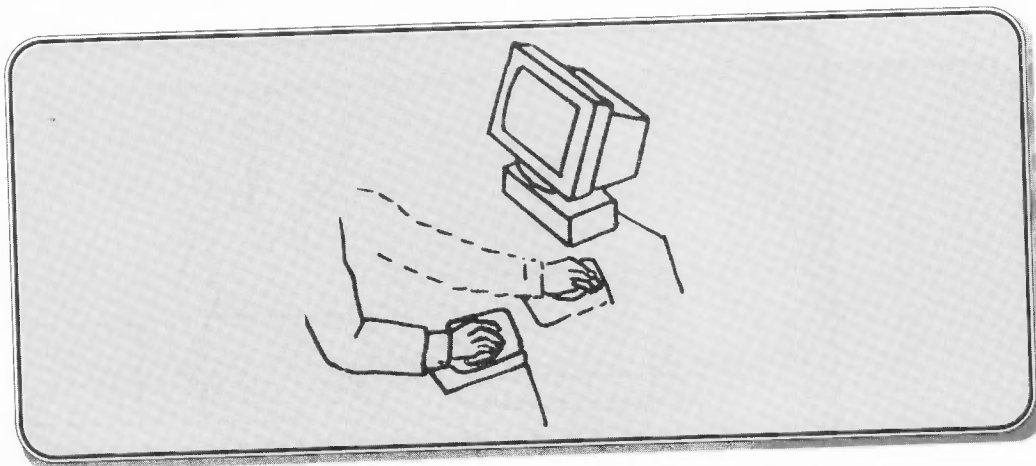


Figura 9.8

- Realice movimientos giratorios y coordinados de las dos manos.
- Mantenga el movimiento de las dos manos dentro del área normal de trabajo.
- Diseñe para lo extremo.

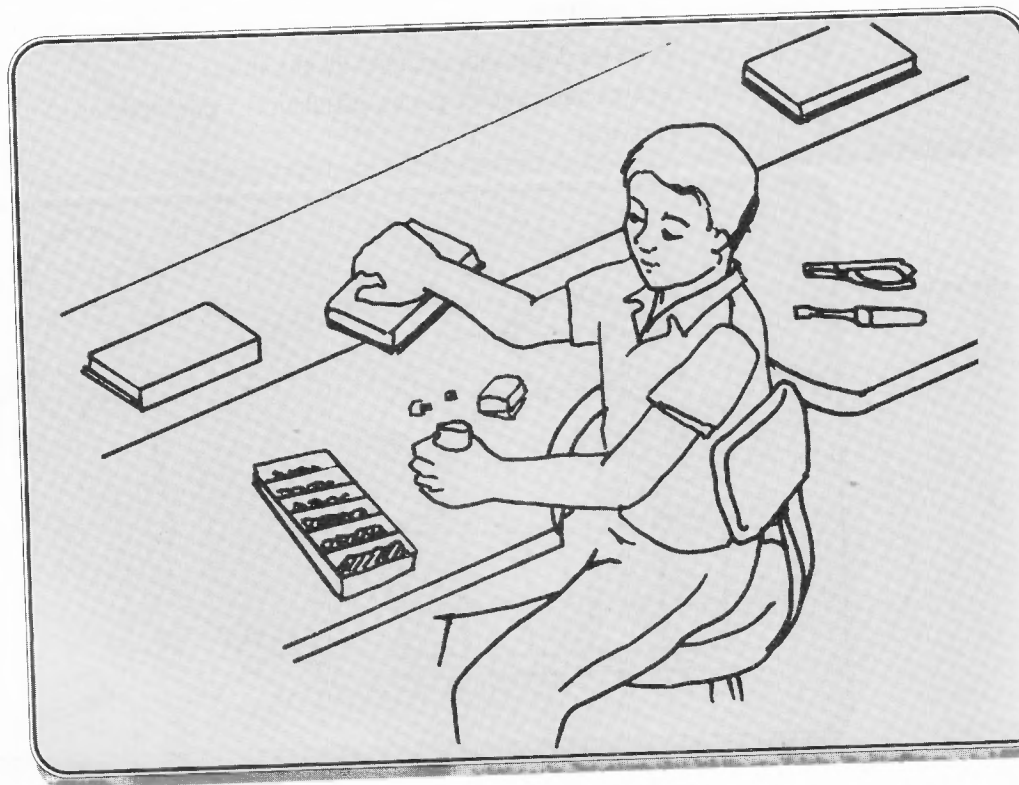


Figura 9.9

## Ganancias/beneficios

- Disminución de costos médicos asociados.
  - Reducción de días perdidos o no laborados.
  - Disminución de gastos médicos directos.
- Beneficios para el personal.
  - Eliminación de “estresores” ergonómicos, lo cual genera un mejoramiento de la calidad.
  - Ambiente laboral mejorado.
- Incremento de la productividad y de la calidad.
  - El operador tiene más control del proceso.
  - El operador se mantiene enfocado en el trabajo.
  - Los métodos auditivos ergonómicos mejoran la productividad.

## La supervisión se orienta con base en una finalidad:

- Tiempos.
- Calidad.
- Continuidad de la operación.

Cuando existe cualquier desgaste en el sistema hombre-máquina-entorno surge la posibilidad de un incidente o accidente que se traduzca en:

- insatisfacción del trabajador,
- pérdida de tiempo,
- disminución de la calidad y
- desfase de la producción.

La ergonomía facilita la tarea de supervisión considerando a su vez un modelo de supervisión laboral, el cual considera los factores que deben ser supervisados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alford, L. P. y Bangs, John R., *Manual de la producción*, Hispanoamericana, 2a. ed., México, 1969.
- Antis, William y Honeycutt, John M. Jr., *Movimientos básicos del MTM*, Herrero Hermanos, México, 1973.
- Barnes, M. Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.
- Cerna Lazo, *Ingeniería de seguridad*, Porrúa, México, 1980.
- Chruden /Sherman, *Administración de personal*, CECSA, México, 1982.
- Fernández Ruiz, Silvestre, *Prestaciones del IMSS*, Trillas, México, 1990.
- Galván, A. Enrique, *Apuntes de seguridad industrial*, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1980.
- Heinrich, H. W., *Prevención de accidentes industriales*, Limusa, México, 1980.
- Herrero Hermanos, *Seguridad industrial, serie A, B, C, D, E*, 2a. ed., México, 1975.
- Heyde, C. C., *Control with Modapst*, Appttsar, Sydney, 1966.

- Krick, E. V. *Ingeniería de métodos*, Limusa, México, 1977.
- Lasheras E., José Ma., *Tecnología de la organización industrial*, Cedel, vols. I y II, 3a. ed., México, 1969.
- Mateos, Cardiel, *Tiempos y tareas*, Limusa, México, 1974.
- Maynard, H. B., *Manual de ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1960.
- Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial; métodos, tiempos y movimientos*, Alfaomega, México, 1990.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.
- Reyes Ponce, Agustín, *Administración de empresas, teoría y técnica*, 1a. y 2a. partes, Limusa, México, 1980.
- Sánchez Mejía, Carlos, *Apuntes de estudio del trabajo*, UNAM, México, 1989.
- Shrubsall, D. C. H., *Transit Mosapts (U.K.)*, Management Services May, 1976.
- Treviño Uribe, Jaime, *Ingeniería de métodos*, ITESM, México, 1980.

Jetro, suegro de Moisés, le dijo: ¿Qué es esto que haces?, ¿por qué te sientas tú solo y todo tu pueblo permanece parado alrededor tuyo, desde la mañana hasta la tarde? Moisés contestó: Vienen a mí para ser juzgados y para conocer los preceptos de Dios y sus leyes. Jetro le dijo: Este trabajo es superior a tus fuerzas. Sé tú solamente el representante del pueblo ante Dios. Y escoge, dentro del pueblo, hombres capaces y constitúyelos como jefes de mil, jefes de cien, jefes de cincuenta y jefes de diez. Ellos serán jueces de tu pueblo todo el tiempo. Todo caso importante llévenlo a ti, más los asuntos de menos importancia que decidan ellos.

**Éxodo 18: 13-22**

“No desaproveches ningún minuto de tu vida, que sólo tienes una; y no desperdicies ningún conocimiento que puedas aprender, porque te estarás estancando en este mundo cambiante.”

### OBJETIVOS

- Definir los objetivos de la unidad de trabajo.
- Definir cómo se aplica la medición del trabajo.
- Explicar la aplicación de la medición del trabajo.
- Explicar las ventajas al aplicar la medición del trabajo.

## MEDICIÓN DEL TRABAJO

La medición del trabajo es un método investigativo basado en la aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

## OBJETIVOS DE LA MEDICIÓN DEL TRABAJO

Dos son los objetivos que podemos satisfacer con la medición:

- a) Incrementar la eficiencia del trabajo.
- b) Proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa, como el de costos de programación de la producción, supervisión, etcétera.

En este capítulo enfocaremos la medición del trabajo como una herramienta que la administración dispone para controlar la eficiencia del trabajo y de esta manera estar en posibilidad de incrementarla.

## IMPORTANCIA Y NECESIDAD DE LA MEDICIÓN DEL TRABAJO

En vista de la creciente necesidad de aprovechar mejor la mano de obra y reducir los costos de la producción, es necesaria una mejor utilización de los recursos humanos y materiales.

Si observamos los factores que conforman los costos industriales, veremos que además de las materias primas y los gastos de fabricación, juega un papel muy importante el costo de mano de obra, directa o indirecta. Al mismo tiempo que sufre la influencia de la mano de obra, el supervisor siente la necesidad de saber si está empleando de manera eficiente el esfuerzo de los operadores, si cada una de las operaciones realizadas por éstos es ejecutada en el tiempo correcto y si la administración se apoya en bases sólidas para elaborar los programas de producción, cimentar sistemas de incentivos, etcétera.

Ante las necesidades de la administración y supervisión de las empresas surge la medición del trabajo como una herramienta que si es aplicada por personas debidamente entrenadas, dará resultados satisfactorios.

### *Desarrollo del estudio de tiempos y relación con la simplificación del trabajo*

Frederick W. Taylor introdujo, en 1881, las bases del sistema actual de la medición del trabajo a través del análisis científico de cada una de las operaciones que integran un trabajo, con el objeto de encontrar la manera más económica de ejecutarlo.

Si se examina el proceso analítico que él siguió, se encuentra el siguiente orden:

1. Análisis de todas las operaciones con objeto de eliminar aquellas que fueran innecesarias.
2. *Determinación del mejor método de ejecución.*
3. Estandarización de los métodos, materiales, herramientas, equipo y condiciones de trabajo.
4. Exacta determinación del tiempo que un operador calificado como normal necesita para ejecutar un trabajo.

Como se desprende de la secuencia anterior, antes de hacer el estudio de tiempos se procede a analizar los movimientos empleados en la ejecución de una tarea, con el objetivo de eliminar aquellos que fueran innecesarios y ordenar los útiles, para así obtener la eficiencia máxima. Con el fin de simplificar el trabajo se puede hacer un análisis del mismo, que conduce a las siguientes conclusiones:

1. Eliminar todo trabajo innecesario.
2. Combinar las operaciones o sus elementos.
3. Cambiar la secuencia de operaciones.
4. Simplificar las operaciones.

Como ayuda para llevar a cabo este análisis, así como para simplificar el método, se dispone de varios diagramas, tales como los de proceso de operación, proceso de flujo, el operador y su máquina y el bimanual. Cuando corresponda el estudio detallado de cada uno de estos diagramas con el curso del estudio del método, se apuntará brevemente que con ellos se estudia el método usado, y que después de analizarlo, se propone un método mejorado, valiéndose de cuadros comparativos que indican las ventajas obtenidas, las modificaciones que se han hecho al método y el aumento de la eficiencia.

## APLICACIÓN DE LA MEDICIÓN DEL TRABAJO

Con el propósito de entender más fácilmente el objetivo y las aplicaciones de la medición del trabajo en la industria, a continuación se ofrecen las siguientes definiciones:

**Medición del trabajo.** Es la parte cuantitativa del estudio del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operador para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado.

De la definición anterior se desprende que el objetivo inmediato de la medición del trabajo es determinar el tiempo estándar, o sea, medir la cantidad de trabajo humano necesario para producir un artículo en términos de un tipo o patrón que es el tiempo.

**Tiempo estándar.** Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

**Aplicaciones del tiempo estándar.** En la actualidad las aplicaciones que pueden darse al tiempo estándar son múltiples, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

1. **Para determinar el salario devengable por esa tarea específica.** Sólo es necesario convertir el tiempo en valor monetario.
2. **Apoyar a la planeación de la producción.** Los problemas de producción y de ventas podrán basarse en los tiempos estándares después de haber aplicado la medición del tra-

bajo a los procesos respectivos, lo cual permite eliminar cualquier planeación defectuosa basada en conjeturas o adivinanzas.

De esta forma se puede conocer con más exactitud la cantidad de artículos que pueden producirse, fijando las fechas de entrega, base de una buena política de cualquier departamento de ventas.

3. **Facilita la supervisión.** Para un supervisor cuyo trabajo está relacionado con hombres, materiales, máquinas, herramientas y métodos, los tiempos de producción le permiten lograr la coordinación de todos estos elementos, pues le sirven como un patrón para medir la eficiencia productiva de su departamento.
4. **Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos.** Además de indicar lo que puede producirse en un día normal de trabajo, ayuda a mejorar los estándares de calidad.
5. **Ayuda a establecer las cargas de trabajo.** Facilita la coordinación entre los obreros y las máquinas y, en caso de expansión, proporciona a la gerencia bases para inversiones futuras en maquinaria y equipo.
6. **Ayuda a formular un sistema de costos estándar.** El tiempo estándar al ser multiplicado por la cuota fijada por hora, proporciona el costo de mano de obra directa por pieza.
7. **Proporciona costos estimados.** Con base en los tiempos estándar de mano de obra se puede presupuestar el costo de artículos que se planea producir y cuyas operaciones serán semejantes a las actuales.
8. **Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control.** Se eliminan conjeturas sobre la cantidad de producción y permite establecer políticas firmes de incentivos a obreros que ayudarán a incrementar sus salarios y mejorar su nivel de vida; la empresa estará en mejor situación dentro de la competencia, pues podrá aumentar su producción y reducir sus costos unitarios.
9. **Ayuda a entrenar a nuevos trabajadores.** Los tiempos estándar serán el parámetro que mostrará a los supervisores la forma en que los nuevos trabajadores aumentan su habilidad en los métodos de trabajo.

## Ventajas

Además de las ventajas particulares de las aplicaciones anteriores, cuando los tiempos estándar se aplican correctamente, permiten:

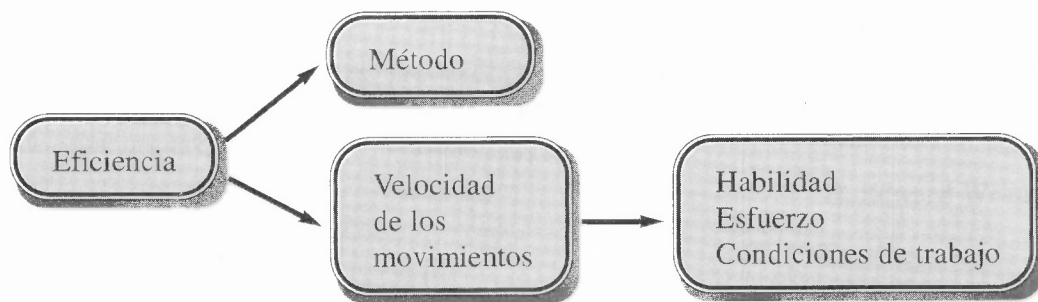
1. **Reducir los costos:** Cuando se elimina el trabajo improductivo y los tiempos ociosos, la razón de rapidez de producción es mayor, esto es, se produce mayor número de unidades en el mismo tiempo.
2. **Mejorar las condiciones obreras:** Los tiempos estándar permiten establecer sistemas de pagos de salarios con incentivos, en los cuales los obreros, debido a que producen un número de unidades superiores a la cantidad obtenida a la velocidad normal, percibe una remuneración extra.



## LA MEDICIÓN DEL TRABAJO COMO FACTOR DE EFICIENCIA

*Qué es la eficiencia.* Para los presentes fines se puede definir a la eficiencia como el grado de rendimiento en que se realiza un trabajo con respecto a una norma preestablecida (tiempo tipo o estándar).

*Factores de eficiencia.* Un análisis de los factores relacionados con la eficiencia del trabajo nos lleva a revisar el siguiente esquema:



Sin duda la eficiencia depende en primer lugar de los métodos de trabajo que se empleen. En segundo lugar, y a igualdad de métodos, la eficiencia es resultado de la velocidad de los movimientos que efectúe el trabajador. Para medir la velocidad de los movimientos del trabajador intervienen las técnicas de medición del trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alford, L. P. y Bangs, John R., *Manual de la producción*, Hispano Americana, 2a. ed., México, 1969.  
 Barnes, M. Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.  
 Maynard, H. B., *Manual de ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1960.  
 Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos*, Alfaomega, México, 1990.  
 Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, OIT, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.

## **Procedimiento para medir el trabajo**

Mantener rodando las ruedas en una dirección ya fijada es una tarea relativamente fácil si se compara con la de dirigir la introducción de un flujo continuo de cambios e innovaciones, y de evitar que la organización se desbarate bajo la presión.

**H. Edward Wrapp**

### **OBJETIVOS**

- Explicar qué técnicas se emplean en la medida de los tiempos.
- Enunciar los dos métodos utilizados en estudios con cronómetro.
- Calcular las tolerancias requeridas por el operador, con datos de observación.
- Conocer y explicar qué son los retrasos personales, la fatiga, los retrasos inevitables y las tolerancias adicionales.
- Calcular el tiempo estándar.

## **PROCEDIMIENTOS PARA MEDIR EL TRABAJO: CONCEPTOS FUNDAMENTALES**

Los primeros cronómetros fueron inventados en Francia, alrededor de la mitad del siglo XVIII, y fueron desarrollados en Inglaterra algunos años después. Posteriormente, Frederick Winslow Taylor realizó, a principios del siglo XX, los primeros estudios de tiempos de trabajo formales y en modernos aparatos electrónicos inventados para medirlo de la forma más precisa. Pero, ante todo, para medir los tiempos de trabajo existen dos premisas fundamentales:

1. Las medidas deben tomarse con la más escrupulosa justicia, es decir, con las mayores garantías de que está perfectamente realizada, ya que la determinación del tiempo se emplea para calcular los salarios con incentivos, por lo cual, si las medidas no son tomadas con verdadero sentido de responsabilidad, se producen perjuicios graves para los trabajadores o para la empresa.
2. Las medidas deben tomarse con el grado de exactitud estrictamente necesario, de acuerdo con la importancia de lo que se mide. Si se trata de una operación que se repetirá multitud de veces, es evidente que todas las precauciones y tiempo que se dedique para asegurar una medición más exacta posible con pocas piezas y elementos técnicos puede resultar más caro que el valor de los posibles errores cometidos.

## TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL TRABAJO

Las principales técnicas que se emplean para medir el trabajo son las siguientes:

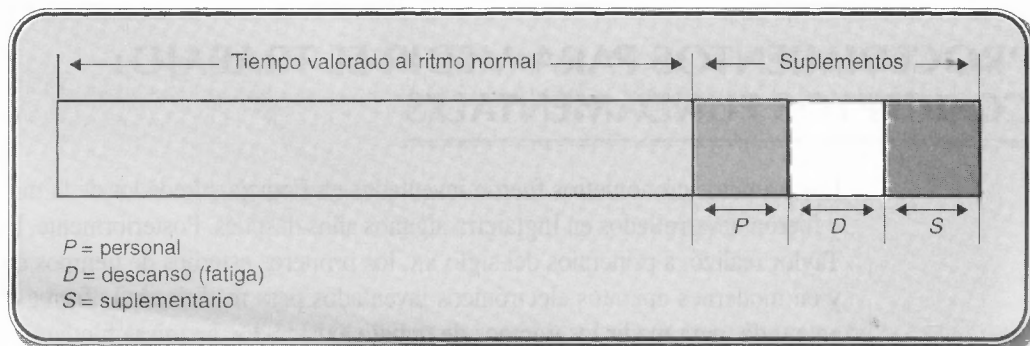
- Por estimación de datos históricos.
- Estudio de tiempos con cronómetro.
- Por descomposición en micromovimientos de tiempos predeterminados (MTM, MODAPTS, técnica MOST).
- Método de las observaciones instantáneas (muestreo de trabajo).
- Datos estándar y fórmulas de tiempo.

Cualquier técnica que apliquemos nos proporcionará el tiempo tipo o estándar del trabajo medido.

### *El estándar de tiempos y sus componentes*

El objetivo final de la medida del trabajo es obtener el tiempo tipo estándar de la operación, o proceso objeto de estudio.

Estos términos nos indican un "tiempo" que reúne las características de la figura 11.1.



**Figura 11.1**  
Representación  
del tiempo tipo.

## ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONÓMETRO

El **estudio de tiempos** es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Un estudio de tiempos con cronómetro se lleva a cabo cuando:

- a) Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea.
- b) Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que insume una operación.
- c) Surgen demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- d) Se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- e) Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna máquina o grupo de máquinas.

### *Pasos básicos para su realización*

Un estudio de tiempos consta de varias fases, a saber:

#### I. Preparación

- Selección de la operación.
- Selección del trabajador.
- Actitud frente al trabajador.
- Análisis de comprobación del método de trabajo.

#### II. Ejecución

- Obtener y registrar la información.
- Descomponer la tarea en elementos.
- Cronometrar.
- Calcular el tiempo observado.

#### III. Valoración

- Ritmo normal del trabajador promedio.
- Técnicas de valoración.
- Cálculo del tiempo base o valorado.

#### IV. Suplementos

- Análisis de demoras.
- Estudio de fatiga.
- Cálculo de suplementos y sus tolerancias.

## V. Tiempo estándar

- Error de tiempo estándar.
- Cálculo de frecuencia de los elementos.
- Determinación de tiempos de interferencia.
- Cálculo de tiempo estándar.

### *Preparación del estudio de tiempos*

- *Selección de la operación.* Para empezar, es necesario determinar qué operación vamos a medir. Su tiempo, en primer orden, es una decisión que depende del objetivo general que perseguimos con el estudio de medición. No obstante, podemos emplear los siguientes criterios para hacer la elección:

- a) El orden de las operaciones según se presenten en el proceso.
- b) La posibilidad de ahorro que se espera en la operación, relacionado con el costo anual de la operación que se calcula mediante la ecuación:

Costo anual

de la operación = (Actividad anual)(Tiempo de operación)(Salario horario)

- c) Según necesidades específicas.
- *Selección del trabajador.* Cuando se debe elegir al operador es necesario considerar los siguientes puntos:

|                   |                                                       |
|-------------------|-------------------------------------------------------|
| Habilidad         | Elegir a un trabajador con habilidad promedio.        |
| Deseo de cooperar | Nunca seleccionar a un trabajador que se opone.       |
| Temperamento      | No debe elegirse a un trabajador nervioso.            |
| Experiencia       | Es preferible elegir a un trabajador con experiencia. |

- *Actitud frente al trabajador.* En esta etapa, la percepción del subordinado adquiere suma importancia, por lo cual:

- a) El estudio nunca debe hacerse en secreto.
- b) El analista debe observar todas las políticas de la empresa y cuidar de no criticarlas ante el trabajador.
- c) No debe discutir con el trabajador ni criticar su trabajo sino pedir su colaboración.
- d) Es recomendable comunicar al sindicato la realización de estudios de tiempos.
- e) El operador espera ser tratado como un ser humano y en general responderá favorablemente si se le trata abierta y francamente.

- *Análisis de comprobación del método de trabajo.* Nunca debe cronometrarse una operación que no haya sido normalizada. La **normalización** de los métodos de trabajo es el procedimiento por medio del cual se fija en forma escrita una norma de método de trabajo para cada una de las operaciones que se realizan en una fábrica. En estas normas se especifica el lugar de trabajo y sus características, las máquinas y herramientas, los materiales, (

equipo de seguridad que se requiere para ejecutar dicha operación (por ejemplo: lentes, mascarillas, extinguidores, delantales, botas, etcétera), los requisitos de calidad de dicha operación (tolerancias o acabado) y un análisis de los movimientos de mano derecha y mano izquierda.

Un trabajo estandarizado o normalizado, significa que una pieza de material será siempre entregada al operador en la misma condición y que él será capaz de ejecutar su operación a través de una cantidad definida de trabajo, con los movimientos básicos, mientras utilice el mismo equipo y bajo las mismas condiciones de trabajo.

La ventaja de la estandarización del método de trabajo es que genera un aumento en la habilidad de ejecución del operador, lo que mejora la calidad del trabajo y disminuye la supervisión personal por parte de los supervisores. Además, el número de inspecciones necesarias será menor, lográndose una reducción de los costos.

## EJECUCIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

*Obtener y registrar toda la información concerniente a la operación.* Es importante que el analista registre toda información pertinente obtenida mediante observación directa, en previsión de que sea menester consultar posteriormente el estudio de tiempos.

Dicha información puede agruparse como sigue:

- Información que permita identificar el estudio cuando sea necesario.
- Información que permita identificar el proceso, el método, la instalación o la máquina.
- Información que permita identificar al operador.
- Información que permita describir la duración del estudio.

Por lo tanto, es necesario hacer un estudio sistemático del producto y del proceso para facilitar la producción y eliminar ineficiencias, lo cual constituye el análisis de la operación.

Para llevar a cabo este análisis deben considerarse los siguientes diez puntos de estudio generales y aplicables a cualquier producto:

- I. Objeto de la operación.
- II. Diseño de la pieza.
- III. Tolerancias y especificaciones.
- IV. Material.
- V. Proceso de manufactura.
- VI. Preparación de herramientas y patrones.
- VII. Condiciones de trabajo.
- VIII. Manejo de materiales.
- IX. Distribución de máquinas y equipo.
- X. Principios de economía de movimientos.

Las operaciones deben ser aisladas o estudiadas individualmente con todo cuidado, en tanto que la mente debe conservar su relación con el proceso completo. Ello significa que durante

el estudio hay que mantener una actitud mental inquisitiva por medio de la cual se obtengan todos los datos posibles y se juzgue su utilidad con relación a la operación en estudio.

### ***I. Objeto de la operación***

Es imprescindible determinar si una operación es necesaria antes de tratar de mejorarla. Si no tiene un objeto útil, o puede ser reemplazada o combinada con otra, debe eliminarse y no será necesario avanzar más en su análisis. Sin embargo, operaciones innecesarias se realizan aun en plantas industriales eficientes. Podemos aplicar el siguiente análisis para determinar cuándo una operación es necesaria.

1. Una operación innecesaria aparece debido a la ejecución impropia de una operación anterior.
  - a) ¿Puede eliminarse una operación mediante la mejora de una operación previa?
  - b) ¿Puede eliminarse un defecto en el producto si se modifica alguna operación antes de añadir una nueva?
2. Una operación innecesaria puede aparecer debido al proceso de búsqueda de mejoras en operaciones posteriores.
  - a) ¿Puede un cambio en el ensamble eliminar la necesidad de una operación anterior?
  - b) ¿Es justificada una operación adicional por economías que generarán una operación subsecuente?
3. Una operación innecesaria puede aparecer debido a la opinión de que el producto tendría mayor demanda en el mercado.
  - a) ¿Es justificado el costo adicional de una operación que modifique la apariencia para estimular mayores ventas?
  - b) ¿Puede retenerse la capacidad de venta sin operaciones adicionales?
4. Una operación innecesaria puede aparecer debido al uso de herramientas y equipos inadecuados.
  - a) ¿Mejorando la herramienta puede eliminarse una operación?
  - b) ¿Puede un proveedor hacer la operación con mayor economía?

### ***II. Diseño de la pieza***

El diseño de los productos utilizados en un departamento es importante pues determina en qué medida un producto satisfará las necesidades del cliente. Éste es un factor de mayor importancia que el costo. Es necesario recordar que los diseños no son permanentes y que pueden ser cambiados. Además, se debe investigar el diseño actual para ver si éste puede ser cambiado con objeto de reducir el costo de manufactura sin afectar la utilidad del producto.

Existen cuatro formas principales de mejorar un diseño:

1. Empezar con un material mejor.
  - a) ¿Debe ser fundido o soldado? ¿Troquelado o embutido?

2. Unir mejor las piezas.
  - a) ¿Puede usarse soldadura de arco o de puntos? ¿Soldarlas con oxiacetileno? ¿Remacharlas o engraparlas?
3. Facilitar el maquinado.
  - a) Si se hace un rebaje, ¿se puede facilitar la apertura de la cuerda? ¿Puede el rediseño reducir el maquinado? ¿Puede el rediseño evitar las dificultades en el taladro?
4. Simplificar el diseño.
  - a) ¿Se pueden combinar algunas piezas? ¿Reducir el número de partes? ¿Se pueden usar diseños estándar?

### **III. Tolerancias y especificaciones**

Las especificaciones se establecen para mantener cierto grado de calidad. La reputación y demanda de los productos depende del cuidado que se tenga para establecer y mantener especificaciones correctas. Las tolerancias y especificaciones nunca deben ser aceptadas a simple vista. A menudo, una investigación puede revelar que una tolerancia estricta es innecesaria o que, por el contrario, haciéndola muy rigurosa, se pueden facilitar operaciones subsecuentes de ensamble.

Es necesario investigar las tolerancias y especificaciones en estas tres formas:

1. Las tolerancias y especificaciones deben ser correctas. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) ¿Es absolutamente necesaria esta tolerancia tan estricta?
  - b) ¿Pueden deberse los costos de ensamble a especificaciones rigurosas?
  - c) ¿Están definidas claramente todas las especificaciones en términos mensuales?
2. Corregir la causa de un rechazo cuando éste ocurre desde un principio. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) ¿Debe establecerse la inspección de la primera pieza?
  - b) ¿Debe establecerse la inspección periódica?
  - c) ¿Debe el operador comprobar su propio trabajo?
  - d) ¿Deben instalarse controles automáticos en la máquina?
  - e) ¿Deben mejorarse las herramientas, patrones y aditamentos?
  - f) ¿Deben comprobarse el conocimiento y condiciones del trabajo?
3. Mejorar la eficiencia de operaciones de inspección. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) ¿Facilitarán la inspección aditamentos bien diseñados?
  - b) ¿Pueden efectuarse pruebas en la línea de producción?
  - c) ¿Puede efectuarse una prueba como parte de una operación productiva?

### **IV. Material**

Los materiales constituyen un gran porcentaje del costo total de cada producto. En consecuencia, su selección y uso apropiado es de suma importancia. Una selección adecuada del material da al cliente un producto terminado más satisfactorio, reduce el costo de la pieza acabada y con-



trae los costos por desperdicio, lo que permite vender el producto a un precio menor. Así, vemos que un análisis de materiales debe estudiarse desde varios y diferentes ángulos, a saber:

1. Seleccionar el material que reúna los requisitos que exige el servicio a que está sujeto, y que sea el más barato y se pueda procesar económicamente. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) ¿Proporciona el material los servicios requeridos?
  - b) ¿Es el material menos costoso?
  - c) ¿Es económico de procesar?
2. Seleccionar el material que sea económico en tamaño y condición. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) ¿Es el material económico en tamaño?
  - b) ¿Está el material en condiciones apropiadas?
3. Usar el material de manera más eficiente.
  - a) Reducir el desperdicio al mínimo.
  - b) Seleccionar y recuperar desperdicios.
4. Hacer mejor uso de herramientas y accesorios.
  - a) Usar las partes no gastadas de herramientas cuando se localiza el desgaste.
  - b) Reparar herramientas rotas.
  - c) Fomentar el complemento y uso de aditamentos.

## V. Proceso de manufactura

Existen varias formas de producir una pieza pues continuamente se crean mejores métodos para ello. Inquirir o investigar de manera sistemática los procesos de manufactura hará que se presenten métodos eficientes.

1. Si se cambia una operación es necesario considerar su efecto en otras operaciones. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) La reducción del costo de una operación, ¿no generará un costo mayor en otros?
  - b) Si se cambia el orden de operaciones, ¿se reducirá el costo?
2. Si la operación es manual, tratar de hacerla mecánica. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) ¿Puede hacerse en máquina un trabajo manual pesado?
  - b) Pueden mecanizarse operaciones lentas?
3. Si la operación se hace mecánicamente, tratar de usar una máquina más eficiente. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) ¿Puede usarse un método más eficiente de maquinado?
  - b) ¿Puede hacerse la operación con más rapidez en otro tipo de máquina?
4. Si la operación se efectúa en la máquina adecuada, tratar de operarla más eficientemente. Contéstense las siguientes preguntas:
  - a) ¿Puede hacerse la operación más automática?
  - b) ¿Puede la máquina ser operada con más efectividad?

## ***VI. Preparación de herramientas y patrones***

La magnitud de los aditamentos y patrones necesarios para llevar a cabo cualquier trabajo se determina principalmente por el número de piezas que van a producirse. En trabajos de baja actividad sólo se justifican aditamentos y patrones especiales que sean primordiales. Una alta actividad usualmente justifica utensilios especiales debido a que el costo de los mismos se prorratea entre un gran número de unidades.

En trabajos de alta actividad es importante reducir los tiempos unitarios de producción hasta un valor mínimo absoluto. Una buena práctica de preparación y utensilios no sucede por casualidad, esto es, debe ser planeada. Para desarrollar mejores métodos se deben investigar la preparación y utensilios en estas cuatro formas:

1. Reducir el tiempo para hacer una preparación empleando una mejor planeación.
2. Diseñar la preparación para utilizar completamente la capacidad de la máquina.
3. Desarrollar mejores utensilios de trabajo.
4. Desarrollar mejores métodos para fijar el trabajo.

## ***VII. Condiciones de trabajo***

Las condiciones de trabajo deben ser continuamente mejoradas para que la planta esté limpia, saludable y segura pues ellas afectan de manera directa al operador. Las buenas condiciones de trabajo se reflejan en salud, producción total, calidad del trabajo y moral del operador. Pequeños detalles, tales como colocar fuentes centrales de agua potable, dispositivos con tabletas de sal para los días calurosos, etcétera, mantienen al operador en condiciones que le hacen guardar el debido interés y cuidado por su trabajo.

Consideremos estas cuatro posibilidades.

1. Reducir riesgos de trabajo.
2. Mejorar el alumbrado, temperatura y ventilación.
3. Estimular el buen gobierno de la estación del trabajo.
4. Reducir la fatiga al operador proporcionándole comodidad.

## ***VIII. Manejo de materiales***

La producción de cualquier producto requiere que sus elementos componentes sean movidos. Aunque la carga sea grande y movida a distancias grandes o pequeñas, este manejo debe ser analizado para determinar si el movimiento se puede hacer de un modo más eficiente. El manejo añade mayor costo al producto terminado, por razón del tiempo y mano de obra empleados. Una buena regla para recordar es que la pieza menos manejada reduce el costo de producción. Por lo tanto, es conveniente.

1. Reducir el tiempo y gasto de materiales.
2. Reducir el manejo manual a través del equipo mecánico.
3. Utilizar mejor las instalaciones de manejo existentes.
4. Manejar el material con mayor cuidado.

## ***IX. Distribución de maquinaria y equipo***

Las estaciones de trabajo y las máquinas deben disponerse de tal forma que la serie sistemática de operaciones de fabricación de un producto sea más eficiente y con un mínimo de manejo.

Un cambio en la planificación sólo debe ser llevado a cabo después de efectuar un estudio cuidadoso de los factores implicados:

1. Para producción en línea recta a gran escala se debe alojar el material en posición conveniente para la próxima operación.
2. Para producción diversificada, la distribución debe permitir movimientos cortos y entregas convenientes del material al operador.
3. Para operación de múltiples máquinas, el equipo debe agruparse alrededor del operador.
4. Para abastecimiento eficiente, las áreas de almacenamiento deben estar arregladas para reducir al mínimo la búsqueda y el manejo subsecuente de materiales.
5. Para mejorar la eficiencia del trabajador, los centros de servicio deben ubicarse cerca de las áreas de producción, de manera que sean de fácil acceso para todos.

## ***X. Principios de economía de movimientos***

Las mejoras de métodos no necesariamente involucran cambios de equipo y su distribución. Un análisis cuidadoso de la localización de piezas en el área de trabajo y los movimientos requeridos para hacer una tarea, a menudo generan mejoras importantes. Una de las fuentes de mayores gastos inútiles en la industria radica en el trabajo que se realiza mediante movimientos innecesarios o ineficientes. Este desperdicio puede evitarse aplicando los principios experimentados de economía de movimientos.

## **DIVISIÓN DE LA OPERACIÓN EN ELEMENTOS**

**Elemento** es una parte esencial y definida de una actividad o tarea determinada compuesta por uno o más movimientos fundamentales del operador y de los movimientos de una máquina o las fases de un proceso seleccionado para fines de observación y cronometraje.

En la figura 11.2 se clasifican los elementos con relación al ciclo, al ejecutante y al tiempo.

### ***Reglas para seleccionar los elementos***

- a) Los elementos deben ser de fácil identificación, con inicio y término claramente definidos. El comienzo o fin pueden ser reconocidos por medio de luz o sonido, por ejemplo, cuando se enciende una luz se inicia o termina un movimiento básico.
- b) Los elementos deben ser lo más breves posible. Una unidad mínima generalmente aceptada es de 0.04 min.
- c) Se deben separar los elementos manuales de los mecánicos; durante los manuales el operador puede reducir el tiempo de ejecución según su interés y habilidad; sin embar-

go, los tiempos máquina son totalmente ajenos al operador, puesto que dependen de las velocidades, avances, etcétera, que se hayan señalado.

- d) Es necesario separar los elementos manuales a máquina parada de los de máquina en marcha. Los primeros pueden reducir el ciclo de trabajo de la actividad desarrollada por el operador; los de máquina no influyen en el ciclo, pero intervienen en la saturación del operador.

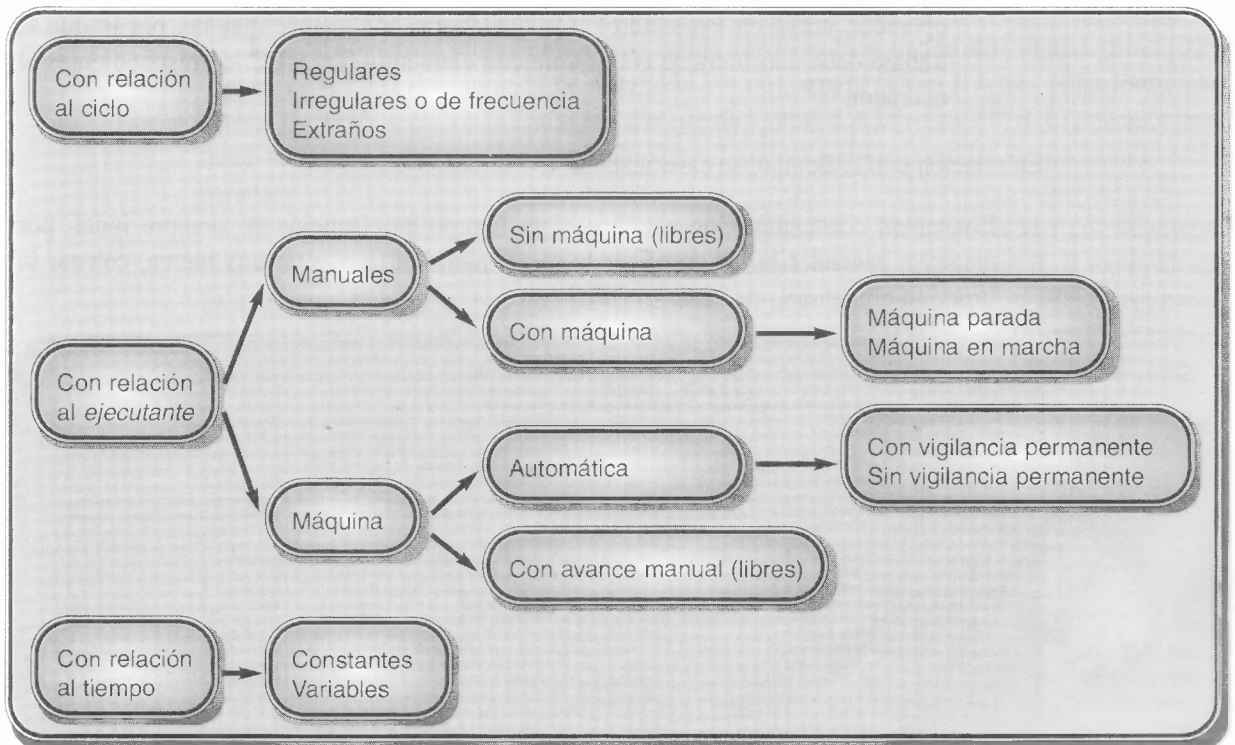
### Clases de elementos

Debido a la naturaleza de los elementos del ciclo de trabajo, los podemos clasificar en varios tipos (figura 11.2).

En relación con el ciclo, tenemos:

- Elementos regulares o repetitivos. Son los que aparecen una vez en cada ciclo de trabajo. Ejemplo: poner y quitar piezas en la máquina.
- Elementos casuales o irregulares. Son los que no aparecen en cada ciclo del trabajo, sino a intervalos tanto regulares como irregulares. Ejemplo: limpiar la rebaba, regular la tensión, recibir instrucciones del supervisor, abastecer piezas en bandejas para alimentar una máquina; estos elementos forman parte del trabajo provechoso y se deben incorporar al tiempo definitivo de la operación.

Figura 11.2 Descomposición de los elementos.



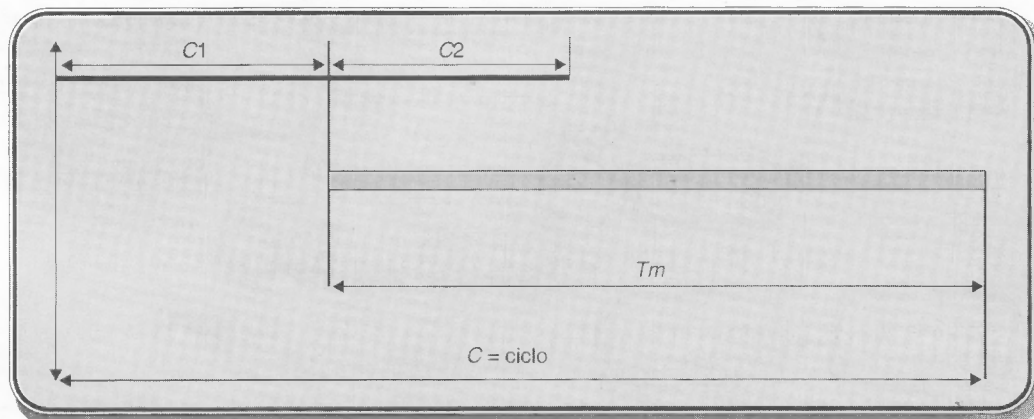
- c) Elementos extraños. Son los elementos, en general indeseables, ajenos al ciclo de trabajo, que se consideran para tratar de eliminarlos. Ejemplo: averías en las máquinas, desengrasar una pieza no acabada de trabajar a máquina, etcétera.

En relación con el ejecutante, los elementos se clasifican en:

1. Elementos manuales. Son los que realiza el operador, a saber:
  - A. Manuales sin máquina. Se llevan a cabo con independencia de toda máquina. Se denominan también libres, porque su duración depende de la actividad del operador; se designan por C1 (figura 11.3).
  - B. Manuales con máquina:
    - a) Con máquina parada, como el quitar o poner una pieza. Se designa por C1.
    - b) Con máquina en marcha, que efectúa el operador mientras trabaja la máquina automáticamente. Aunque no interviene en la duración del ciclo, interesa considerarlos porque forman parte de la saturación del operador. Se designa por C2.
2. Elementos de máquina. Son los que realiza la máquina. Pueden ser:
  - A. De máquina con automático y, por lo tanto, sin intervención del operador. Se designan por Tm. Pueden presentarse dos casos:
    - a) Que sea necesaria la vigilancia, y entonces el elemento C2 es de la misma duración que Tm.
    - b) Que no sea necesaria la vigilancia del operador, como en los tornos automáticos.
  - B. De máquina con avance manual, en cuyo caso la máquina trabaja controlada por el operador, como en los taladros y troqueladoras con avance manual, por lo que el trabajo debe considerarse como libre con elementos Tm y C2, correspondientes al operador.

En relación con el tiempo, se clasifican en:

1. Elementos constantes. Son aquellos cuyo tiempo de ejecución es siempre igual; por ejemplo, encender la luz, verificar la pieza, atornillar y apretar una tuerca, colocar la broca en el mandril, etcétera.



**Figura 11.3**  
Composición de  
los ciclos de  
trabajo.

2. Elementos variables. Son los elementos cuyo tiempo depende de una o diversas variables, como dimensiones, peso, calidad, etcétera; por ejemplo: aserrar madera a mano (el tiempo varía según la dureza y el diámetro); barrer el piso (depende de la superficie); llevar una carretilla con piezas a otro departamento (depende de la distancia); pintar una habitación (depende de la superficie, clase de pintura, tipo de brocha, etcétera).

## MEDICIÓN DEL TIEMPO

Una vez que hemos registrado toda la información general y la referente al método normalizado de trabajo, la siguiente fase consiste en medir el tiempo de la operación, tarea a la que comúnmente se le llama *cronometraje*.

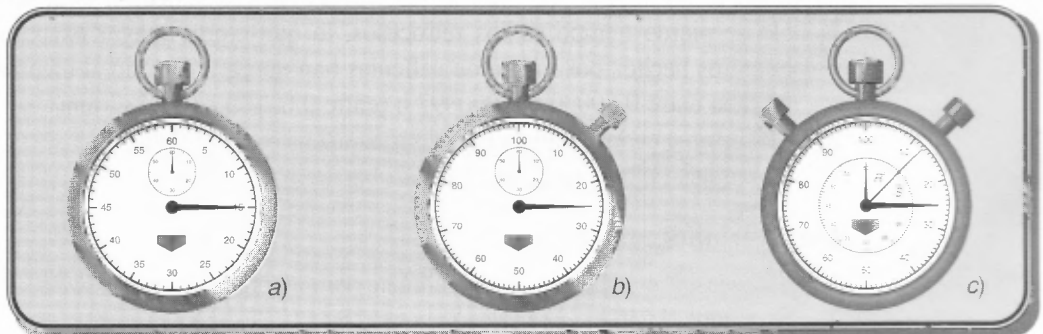
Los aparatos empleados para medir el tiempo son los cronómetros, aparatos movidos regularmente por un mecanismo de relojería que puede ponerse en marcha o detenerse a voluntad del operador.

Los cronómetros ordinarios (figura 11.4a) sólo llevan un pulsador para ponerlos en marcha, pararlos y volverlos a cero.

Los cronómetros de vuelta a cero (figura 11.4b) llevan dos pulsadores, uno generalmente combinado con corona, para ponerlos en marcha, pararlos y volverlos a cero, y otro independiente que al pulsarlo retorna la aguja a cero y soltándolo inmediatamente la aguja recomienza su marcha. De esta forma puede medirse la duración de las sucesivas fases de una operación con sólo anotar las lecturas finales de cada una, puesto que el principio de la siguiente coincidirá con el fin de la anterior.

Los cronómetros retrapantes o con aguja recuperadora tienen dos agujas principales (figura 11.4c) una denominada de segundos *S* y otra recuperadora *R* y tres pulsadores: uno central *C*, combinado con la corona de dar cuerda y otros dos laterales *A* y *B*. El pulsador central *C* sirve para parar y poner en marcha. El pulsador *A* vuelve a cero las agujas cuando están paradas.

El pulsador *B* sirve para detener la aguja retrapante *R* a fin de poder leer cómodamente el tiempo parcial transcurrido. Con una segunda presión sobre el pulsador *B*, la aguja alcanza a la aguja de segundos *S* que había seguido en marcha y continúa con ella. Si estuviese parada se iguala con ella y se queda parada. Es decir que las dos agujas llevan exactamente el mismo movimiento mientras no se actúa sobre el pulsador *B*, que las separa o las junta.



**Figura 11.4**  
a) Cronómetro ordinario o de segundos, b) cronómetro de vuelta a cero, c) cronómetro retrapante.

### ***Método de lectura con retroceso a cero***

Este método consiste en oprimir y soltar inmediatamente la corona de un reloj de “un golpe” cuando termina cada elemento, con lo que la aguja regresa a cero e inicia de inmediato su marcha. La lectura se hace en el mismo momento en que se oprime la corona.

#### **Ventajas**

Los beneficios de este método son varios, entre ellos:

1. Proporciona en forma directa el tiempo de duración de cada elemento, disminuyendo notablemente el trabajo de gabinete.
2. Es muy flexible, ya que cada lectura comienza siempre en cero.
3. Se emplea un solo reloj del tipo menos costoso.

#### **Desventajas**

1. Es menos exacto, ya que se pierde tiempo durante cada uno de los retrocesos.
2. Genera suspicacias entre los trabajadores y puede crear conflictos de trabajo ya que el sindicato o los empleados pueden alegar que el tomador de tiempo detenía y ponía en marcha el reloj según su propia conveniencia, sin que éste pueda demostrar lo contrario.
3. Como cada una de las lecturas se inicia en cero el error que se cometa no tiende a compensarse.
4. La lectura se hace con la manecilla en movimiento.

### ***Método continuo de lectura de reloj***

Cuando se emplea este método, una vez que el reloj se pone en marcha permanece en funcionamiento durante todo el estudio, las lecturas se hacen de manera progresiva y sólo se detendrá una vez que el estudio haya concluido. El tiempo para cada elemento se obtendrá restando la lectura anterior de la lectura inmediata siguiente.

#### **Ventajas**

Los beneficios de este método son:

1. Permite demostrar exactamente al trabajador cómo se empleó el tiempo durante el estudio. De esta manera se evitan las suspicacias y se puede demostrar la buena fe del estudio.
2. No se pierde tiempo en los retrocesos, lo que otorga mayor exactitud a las lecturas. Estudios hechos por medio de películas han demostrado que al efectuar el retroceso se pierden entre 0.00030 y 0.000097 h (entre 0.00180 a 0.00582 min).
3. Los errores en las lecturas tienden a compensarse.
4. Se emplea un solo reloj del tipo más barato.

#### **Desventajas**

1. Se necesita mucho trabajo de gabinete para efectuar las restas.
2. Es menos flexible.

3. Se necesita mucha práctica para hacer correctamente las lecturas.
4. La lectura se hace con la manecilla en movimiento.

## EQUIPO DE TRABAJO PARA LA MEDICIÓN DE TIEMPOS

### *Tabla para estudio de tiempos*

Esta tabla es una de las herramientas más utilizadas para realizar la medición de tiempos; es una tabla de tamaño conveniente donde se coloca la hoja de observaciones para que pueda sostenerla con comodidad el analista, en cuyo ángulo superior derecho se asegura un reloj para tomar tiempos. El diseño de la tabla se hace de manera que ésta descansa contra el cuerpo del analista a la vez que se sostiene con el antebrazo izquierdo, quedando esta mano en posición tal que pueda fácilmente accionar los controles de reloj (figura 11.5).

### *La hoja de observaciones*

En esta hoja se anotan datos tales como el nombre del producto, de la pieza, de la parte, identificación del dibujo, número del estilo, etcétera, datos que se insertan en el anverso en la parte superior derecha.

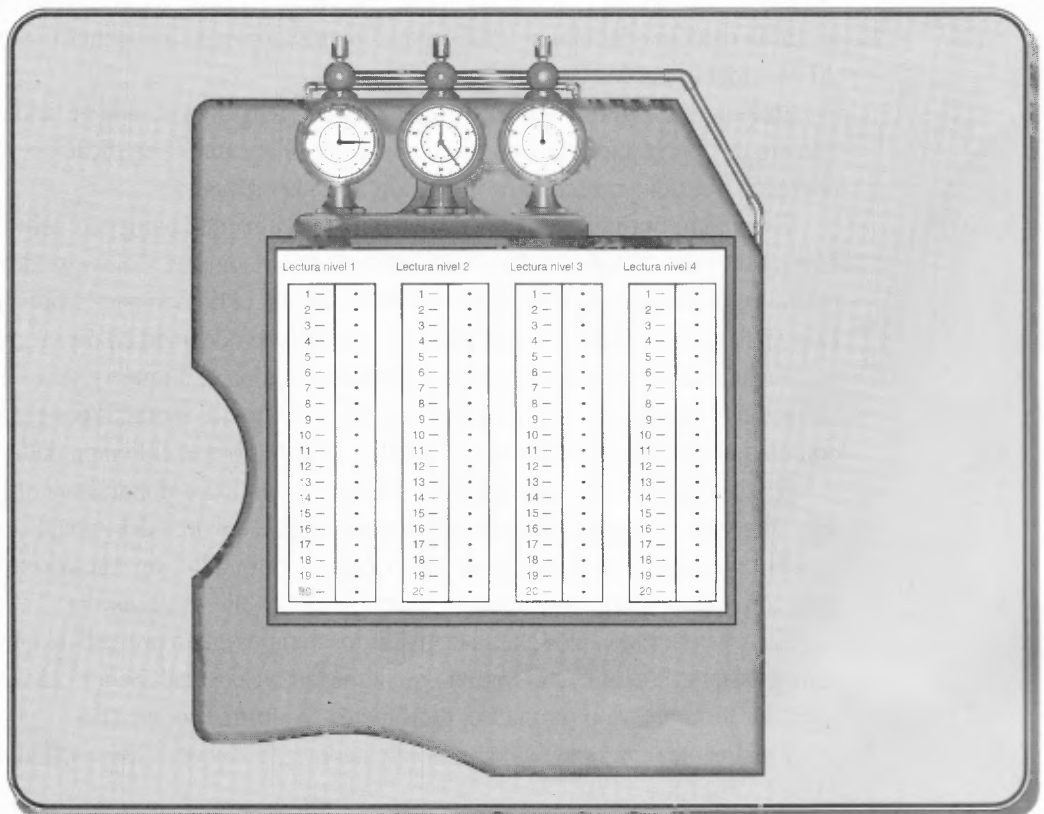


Figura 11.5  
Tabla para  
estudio de  
tiempos con tres  
cronómetros.



En el cuerpo medio de la hoja aparecen las columnas en cuya parte superior se hace una descripción breve y concisa del elemento, mientras que en la columna con la letra "L" se anotan las lecturas directas del reloj, si se usa el método de lectura continua. Por su parte, la columna "T" se reserva para registrar los tiempos elementales obtenidos de la resta de las lecturas. Si se emplea el método de lectura intermitente, los tiempos se registran directamente en la columna "T".

En las columnas del extremo derecho se registran los elementos extraños, a medida que ocurran. Para facilitar su registro, durante el estudio se identifican por medio de letras.

En el espacio "L" de la columna de elementos extraños se anota abajo de la línea horizontal la lectura al iniciarse el elemento y arriba de la línea se anota la lectura al término del mismo. A continuación se debe anotar una descripción del mismo. El símbolo o letra de identificación del elemento extraño se anota en el espacio "T" del elemento regular con objeto de indicar que a ese elemento habrá que restarle el tiempo que duró el elemento cuando se calcule el tiempo total.

Frecuentemente se encuentra que uno de estos elementos está relacionado con la operación estudiada, esto es, un elemento irregular; cuando se calcula el estudio es necesario tomarlo en cuenta y sumarlo al valor final de tiempo.

En el extremo superior izquierdo aparece la fecha en que se toma el estudio, el número del mismo para esa operación, el número individual de la hoja y el total de hojas de que consta. En la columna del extremo del lado izquierdo aparecen los números progresivos del 1 al 20 para identificar los ciclos correspondientes.

En la parte inferior izquierda aparecen los renglones donde se anotan los totales, el número de observaciones, el promedio o tiempo elemental, la calificación de la velocidad del operador y el tiempo normal de ejecución de cada elemento.

En la parte inferior derecha aparecen los cálculos que partiendo del tiempo normal por pieza y después de haber aplicado los factores de tolerancias y otros, se determina el tiempo estándar permitido por pieza, que sirve para calcular el tiempo para producir cien unidades y éste a su vez es la base para calcular el estándar de producción en piezas por hora.

En la parte inferior aparece el nombre del operador, el número y sexo del mismo y a continuación los tiempos en que empieza y termina el estudio, anotados por el analista de un reloj común que sirve para comparar la duración del estudio con el tiempo del cronómetro.

En el reverso de la hoja aparecen diferentes renglones donde se anota toda la información referente al trabajo; además, se hace un croquis del área del trabajo.

El operador debe disponer de un metro, un calibrador, un micrómetro y un tacómetro para comprobar las revoluciones de las máquinas, si ello es necesario.

En ocasiones, cuando se trata de medir los tiempos en un proceso de fabricación, es necesario constatar la temperatura, grado de humedad, viscosidad, para lo cual se proporciona al operador termómetro o pirómetro, higrómetro, viscosímetro, etcétera.

Finalmente, con la ayuda de una calculadora, se elaboran los resultados (véanse figuras 11.6, 11.7, 11.8 y 11.9).

Figura 11.6 Hoja de estudio de tiempos.

|                                                                      |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------|---|--------|---|-------|---|-----------|---|-----------|---|-------|----|--------------------------------------|-----------------------|------------|---|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Fecha _____<br>Estudio No. _____<br>Hoja No. _____<br>de _____ hojas |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    | S<br>O<br>N<br>E<br>M<br>E<br>L<br>E |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  | Producto _____<br>Nombre de la pieza _____<br>Parte No. _____<br>Dibujo _____ Sub. _____<br>Estilo No. _____ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                      | 1 | 2      | 3 | 4     | 5 | 6         | 7 | 8         | 9 | 10    | 11 | 12                                   | S                     | L          | T | Elementos extraños |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                      | T | L      | T | L     | T | L         | T | L         | T | L     | T  | L                                    | N                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | A                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | B                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | C                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | D                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | E                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | F                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | G                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | H                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9                                                                    |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | I                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | J                     |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 20                                                                   |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Totales                                                              |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | Tiempo normal / pieza |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| No. obser.                                                           |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | Tolerancias %         |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Promedio                                                             |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | Otros %               |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Calif.                                                               |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      | permitido             |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tiempo                                                               |   |        |   |       |   |           |   |           |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Nombre del operador                                                  |   |        |   |       |   | Empieza:  |   | Termina:  |   | Total |    | Hr./100 piezas                       |                       | Piezas/hr. |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| No. de operador                                                      |   | Hombre |   | Mujer |   | A.M. P.M. |   | A.M. P.M. |   |       |    |                                      |                       |            |   |                    |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



Figura 11.8 Croquis del área de trabajo

|                                                       |                                                                                                                                                                            |                        |           |                                                   |                            |                           |                     |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|---------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|
| Operación _____                                       |                                                                                                                                                                            | Material _____         |           |                                                   |                            |                           |                     |
| Departamento _____                                    |                                                                                                                                                                            | Especificaciones _____ |           |                                                   |                            |                           |                     |
| Sección _____                                         |                                                                                                                                                                            |                        |           |                                                   |                            |                           |                     |
| Máquina _____                                         | No. _____                                                                                                                                                                  | No.                    | Elementos | Hora, peso, velocidad, profundidad de corte, etc. | Tiempo normal por elemento | Frecuencia con que ocurre | Tiempo normal total |
| Velocidad _____                                       |                                                                                                                                                                            | 1                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
| Herramientas escr., patrones, aditamentos, etc. _____ |                                                                                                                                                                            | 2                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
| _____                                                 |                                                                                                                                                                            | 3                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
| _____                                                 |                                                                                                                                                                            | 4                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
| Codiciones de trabajo _____                           |                                                                                                                                                                            | 5                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
| _____                                                 |                                                                                                                                                                            | 6                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
| _____                                                 |                                                                                                                                                                            | 7                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
| Croquis                                               |                                                                                                                                                                            | 8                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 9                      |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 10                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 11                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 12                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 13                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 14                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 15                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 16                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 17                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | 18                     |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       | <p>Nota: El tiempo estándar permitido y piezas/hr. serán efectivos siempre y cuando permanezcan inalterables el material, el equipo y el método.</p> <p>Observaciones:</p> |                        |           |                                                   |                            |                           |                     |
|                                                       |                                                                                                                                                                            | Observado por:         |           | Revisado por:                                     |                            | Aprobado por:             |                     |



**Ejemplo:**

Se realizó el siguiente estudio.

**Tabla 11.1** Para obtener el número de observaciones aplicando datos estadísticos.

| ELEMENTOS | CICLOS |      |           |           |           |   |   |   |   |    | TOTAL | PROMEDIO | FACTOR DE NIVELACIÓN | TIEMPO NORMAL |
|-----------|--------|------|-----------|-----------|-----------|---|---|---|---|----|-------|----------|----------------------|---------------|
|           | 1      | 2    | 3         | 4         | 5         | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |       |          |                      |               |
| 1         | 0.17   | 0.17 | A<br>0.26 | 0.16      | C<br>0.40 |   |   |   |   |    |       |          |                      |               |
| 2         | 0.06   | 0.05 | 0.07      | 0.06      | 0.06      |   |   |   |   |    |       |          |                      |               |
| 3         | 0.15   | 0.16 | 0.17      | 0.17      | 0.18      |   |   |   |   |    |       |          |                      |               |
| 4         | 0.32   | 0.31 | 0.31      | B<br>0.40 | 0.32      |   |   |   |   |    |       |          |                      |               |

**A. Se le cae el desarmador**

El elemento debe eliminarse porque es de suponerse que no tomar bien el desarmador no ocurrirá con frecuencia. Si ocurriera a menudo convendría estudiar el método y el instrumental que usa el operador.

**B. Se distrae**

Se elimina debido a que la distracción puede considerarse como fatiga, monotonía o tedio.

**C. Revisa la producción**

No se elimina debido a que probablemente este elemento lo tenga que efectuar otra vez. Si el operador contara con un sistema automático para contar piezas, podría eliminarse.

De la tabla 11.2, para efectos de obtener el tiempo medio observado, se eliminan los tiempos A y B por las razones anteriormente expuestas. Por lo que respecta al tiempo C, no se elimina por considerarse también una parte necesaria del proceso que el operador realiza aunque fuera de cualquier orden secuencial. Es necesario darle un tratamiento especial a este tiempo.

**Tabla 11.2** Para obtener el tiempo medio observado del ejemplo anterior.

| ELEMENTOS | CICLOS |      |      |      |      |   |   |   |   |    | TOTAL | PROMEDIO | FACTOR DE NIVELACIÓN | TIEMPO NORMAL |
|-----------|--------|------|------|------|------|---|---|---|---|----|-------|----------|----------------------|---------------|
|           | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |       |          |                      |               |
| 1         | 0.17   | 0.17 |      | 0.16 | C    |   |   |   |   |    | 0.500 | 0.167    |                      |               |
| 2         | 0.06   | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.06 |   |   |   |   |    | 0.300 | 0.060    |                      |               |
| 3         | 0.15   | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.18 |   |   |   |   |    | 0.830 | 0.166    |                      |               |
| 4         | 0.32   | 0.31 | 0.31 |      | 0.32 |   |   |   |   |    | 1.260 | 0.315    |                      |               |

El tiempo promedio de ejecución del elemento 1 es:

$$\frac{0.17 + 0.17 + 0.16}{3} = 0.167 \text{ min}$$

que es el tiempo en que el operador hace normalmente la operación. La diferencia debida a la revisión de la producción es, entonces:

$$0.40 - 0.167 = 0.233 \text{ min}$$

En la tabla puede verse que son cinco los ciclos que se estudiaron y que supuestamente es también la frecuencia o periodicidad con que se presentará el elemento C, por lo que:

$$\frac{0.233}{5} = 0.046 \text{ min}$$

Este resultado se agrega al tiempo medio observado de cada uno de los elementos, en razón de que no se sabe en cuál de estos elementos el operador revisará la producción.

Entonces:

$$X_1 = \frac{0.17 + 0.17 + 0.16 + 0.164}{4} = \frac{0.667}{4} = 0.166 + 0.046 = 0.212$$

$$X_2 = \frac{0.06 + 0.05 + 0.07 + 0.06 + 0.06}{5} = \frac{0.300}{5} = 0.060 + 0.046 = 0.106 \text{ min}$$

$$X_3 = \frac{0.15 + 0.16 + 0.17 + 0.17 + 0.17 + 0.18}{5} = \frac{0.830}{5} = 0.166 + 0.046 = 0.212$$

$$X_4 = \frac{0.32 + 0.31 + 0.31 + 0.32}{4} = \frac{1.260}{4} = 0.315 + 0.046 = 0.361 \text{ min}$$

que serían los tiempos medios elementales.

El tiempo medio observado de la operación estaría dado por:

$$TMO = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$$

$$TMO = 0.212 + 0.106 + 0.212 + 0.361 = 0.753 \text{ min}$$

## OBSERVACIONES NECESARIAS PARA CALCULAR EL TIEMPO NORMAL

En gran medida, la extensión del estudio de tiempos depende de la naturaleza de la operación individual. El número de ciclos que deberá observarse para obtener un tiempo medio representativo de una operación se determina mediante los siguientes procedimientos:

1. Fórmulas estadísticas.
2. Ábaco de Lifson.
3. Tabla Westinghouse.
4. Criterio de la General Electric.

Naturalmente que estos procedimientos se aplican cuando se puede realizar gran número de observaciones, pues cuando el número de éstas es pequeño se utiliza para el cálculo del tiempo normal representativo la medida aritmética de las mediciones efectuadas.

**Fórmulas estadísticas.** Por medio de estas fórmulas se determina el número  $N$  de observaciones necesarias para obtener el tiempo de reloj representativo con un error de  $e\%$ , con riesgo fijado de  $R\%$ . Se aplica la siguiente fórmula:

$$N = \left( \frac{K \cdot \sigma}{e \cdot \bar{x}} \right)^2 + 1$$

en donde:

$K$  = el coeficiente de riesgo cuyos valores son:

$K = 1$  para riesgo de error de 32%

$K = 2$  para riesgo de error de 5%

$K = 3$  para riesgo de error de 0.3%

La desviación típica de la curva de la distribución de frecuencias de los tiempos de reloj obtenidos  $\sigma$  es igual a:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f(X_i - \bar{x})^2}{n}}$$

en donde:

$X_i$  = los valores obtenidos de los tiempos de reloj

$\bar{x}$  = la media aritmética de los tiempos de reloj

$N$  = frecuencia de cada tiempo de reloj tomado

$n$  = número de mediciones efectuadas

$e$  = error expresado en forma decimal

### Ejemplo:

Supongamos que se han tomado las lecturas 5, 8, 7, 5, 6, 7, 7, 6, 8, 5, en centésimas de minuto y se trata de determinar cuál es el número mínimo de observaciones necesarias para obtener el tiempo de reloj representativo con un error de 4% y un riesgo de 5%.

**Tabla 11.3** Para obtener el número de observaciones aplicando datos estadísticos.

| VALORES $X_i$    | FRECUENCIA $f$ | $X_i - \bar{x}$ | $(X_i - \bar{x})^2$ | $f(X_i - \bar{x})^2$ |
|------------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| 5                | 3              | -1.4            | 1.96                | 5.88                 |
| 6                | 2              | -0.4            | 0.16                | 0.32                 |
| 7                | 3              | 0.6             | 0.36                | 1.08                 |
| 8                | 2              | 1.6             | 2.56                | 5.12                 |
| Totales $\Sigma$ | 10             |                 |                     | 12.4                 |



Calculemos  $\bar{X}$ :

$$\bar{x} = \frac{(5 \times 3) + (6 \times 2) + (7 \times 3) + (8 \times 2)}{10} = \frac{15 + 12 + 21 + 16}{10} = \frac{64}{10} = 6.4$$

La desviación típica  $\sigma$  se obtendrá:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f(X_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\frac{12.4}{10}} = \sqrt{1.24} \approx 1.113$$

Como, por otra parte, el valor  $K$  correspondiente al riesgo de 5% es  $K = 2$ , y el valor del error fijado es  $e = 0.04$

$$N = \left( \frac{K \cdot \sigma}{e \cdot \bar{x}} \right)^2 + 1 = \left( \frac{2 \times 1.113}{0.04 \times 6.4} \right)^2 + 1 = 75 + 1 = 76$$

Nos faltaría realizar otras 66 lecturas para estar en los rangos propuestos, ya que sólo se han realizado 10 lecturas.

Cabe señalar que si se suma el valor de esas 66 observaciones complementarias los valores cambiarán en la práctica. Además, el método estadístico puede resultar difícil de aplicar, ya que un ciclo de trabajo se compone de varios elementos, por lo cual lo más recomendable es hacer estudios de 15 ciclos.

*Ábaco de Lifson.* Es una aplicación gráfica del método estadístico para un número fijo de mediciones  $n = 10$ . La desviación típica se sustituye por un factor  $B$ , que se calcula así:

$$B = \frac{S - I}{S + I}$$

en donde:

$S$  = el tiempo superior

$I$  = el tiempo inferior

En la figura 11.10 se representa el ábaco de Lifson, en el que se resalta con trazo grueso la aplicación a un ejemplo: Se calculó el número de observaciones necesarias a partir de 10 lecturas; la superior  $S = 48$  diezmilésimas de hora y la inferior  $I = 32$  diezmilésimas de hora con un riesgo de 2%, es decir  $R = 0.02$  y un error de  $e$  de 4% del valor:

$$B = \frac{S - I}{S + I} = \frac{48 - 32}{48 + 32} = 0.2$$

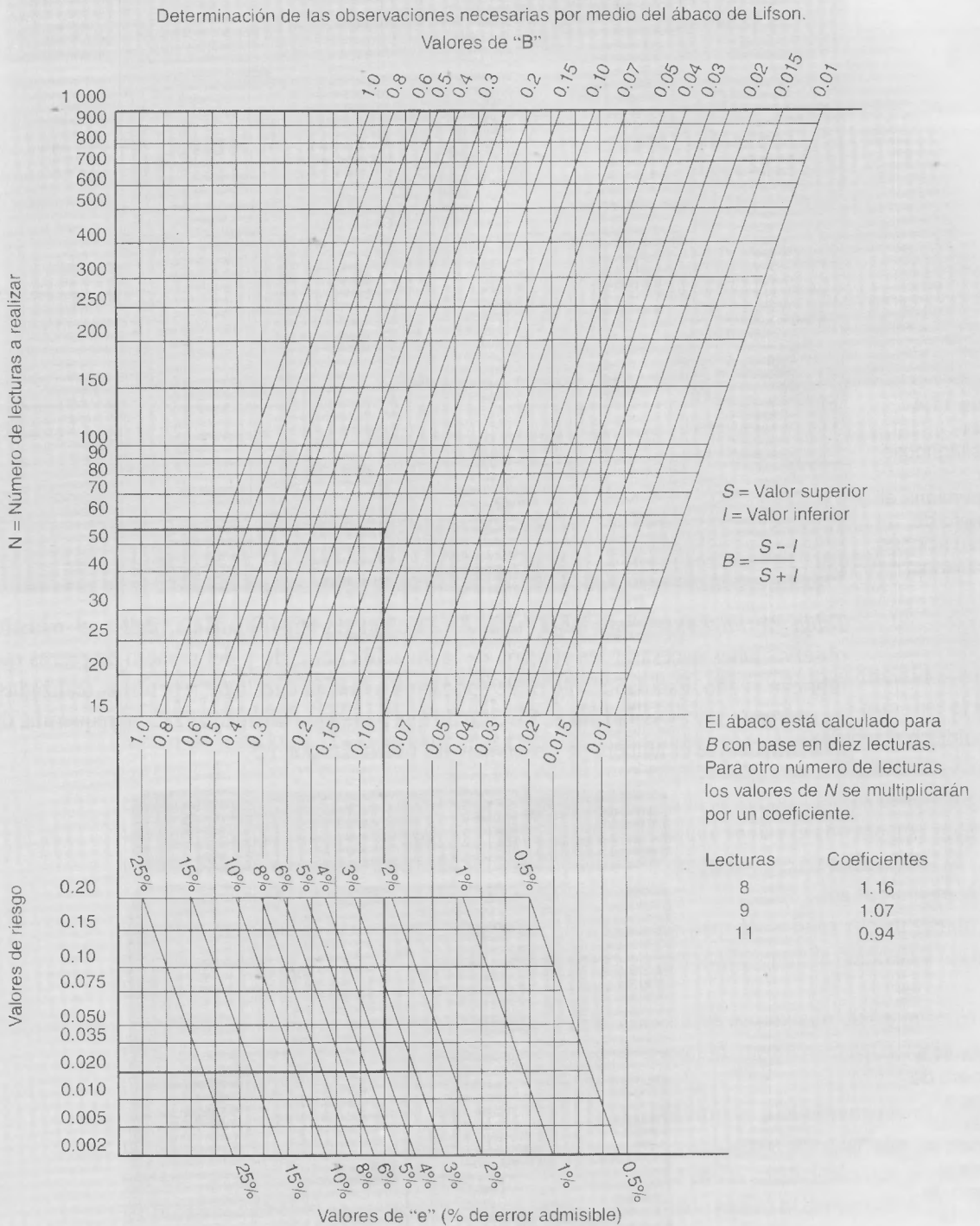
Se entra al ábaco con los siguientes valores:

$e = 4\%$

$R = 0.02$  Se obtienen para  $N = 55$  lecturas

$B = 0.2$

Figura 11.10 Ábaco de Lifson.



| CUANDO EL TIEMPO<br>POR PIEZA O<br>CICLO ES: | NÚMERO MÍNIMO DE CICLOS A ESTUDIAR |                |                |
|----------------------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|
|                                              | ACTIVIDAD MÁS DE<br>10 000 POR AÑO | 1 000 A 10 000 | MENOS DE 1 000 |
| 1.000 horas                                  | 5                                  | 3              | 2              |
| 0.800 horas                                  | 6                                  | 3              | 2              |
| 0.500 horas                                  | 8                                  | 4              | 3              |
| 0.300 horas                                  | 10                                 | 5              | 4              |
| 0.200 horas                                  | 12                                 | 6              | 5              |
| 0.120 horas                                  | 15                                 | 8              | 6              |
| 0.080 horas                                  | 20                                 | 10             | 8              |
| 0.050 horas                                  | 25                                 | 12             | 10             |
| 0.035 horas                                  | 30                                 | 15             | 12             |
| 0.020 horas                                  | 40                                 | 20             | 15             |
| 0.012 horas                                  | 50                                 | 25             | 20             |
| 0.008 horas                                  | 60                                 | 30             | 25             |
| 0.005 horas                                  | 80                                 | 40             | 30             |
| 0.003 horas                                  | 100                                | 50             | 40             |
| 0.002 horas                                  | 120                                | 60             | 50             |
| Menos de<br>0.002 horas                      | 140                                | 80             | 60             |

**Tabla 11.4**

Tabla Westinghouse que proporciona el número de observaciones necesarias.

*Tabla Westinghouse.* Esta tabla (tabla 11.4) obtenida empíricamente, indica el número de observaciones necesarias en función de la duración del ciclo y del número de piezas que se fabrican al año. Esta tabla sólo es de aplicación a operaciones muy repetitivas realizadas por operadores muy especializados. En caso de que no tengan la especialización requerida, deberá multiplicarse el número de observaciones obtenidas por 1.5.

| TIEMPO DE CICLO<br>(MINUTOS) | NÚMERO DE CICLOS<br>QUE CRONOMETRAR |
|------------------------------|-------------------------------------|
| 0.10                         | 200                                 |
| 0.25                         | 100                                 |
| 0.50                         | 60                                  |
| 0.75                         | 40                                  |
| 1.00                         | 30                                  |
| 2.00                         | 20                                  |
| 4.00-5.00                    | 15                                  |
| 5.00-10.00                   | 10                                  |
| 10.00-20.00                  | 8                                   |
| 20.00-40.00                  | 5                                   |
| Más de 40.00                 | 3                                   |

**Tabla 11.5**

Número de ciclos a observar cuando se utiliza el criterio de General Electric.

A continuación se muestra la tabla 11.6 de conversión de unidades de tiempo.

**Tabla 11.6** Tabla de conversión de unidades de tiempo.

| DESIGNACIÓN           | HORAS    | CENTÉSIMAS DE HORAS (Ch) | DIEZMILÉSIMAS DE HORA ( $H^{00}$ ) | TMU     |
|-----------------------|----------|--------------------------|------------------------------------|---------|
| Un cuarto de hora     | 0.2500   | 25                       | 2 500                              | 25 000  |
| Media hora            | 0.5000   | 50                       | 5 000                              | 50 000  |
| Tres cuartos de hora  | 0.7500   | 75                       | 7 500                              | 75 000  |
| 1 hora                | 1.0000   | 100                      | 10 500                             | 100 000 |
| 1 minuto              | 0.0160   | 1.67                     | 167                                | 1.667   |
| Una centésima de min. | 0.000167 | 0.0167                   | 1.67                               | 16.67   |
| 1 segundo             | 0.000277 | 0.027                    | 2.77                               | 277     |

*Ejemplo:* Para pasar un tiempo expresado en diezmilésimas de hora ( $H^{00}$ ) a minutos basta multiplicar por 60 y dividir entre 10 000.

*Criterios de la General Electric.* Establece el número de ciclos a cronometrar utilizando el tiempo del ciclo en minutos como puede observarse en la tabla de la figura 2.12.

## VALORACIÓN DEL RITMO DE TRABAJO

La valoración del ritmo de trabajo y los suplementos son los dos temas más discutidos en el estudio de tiempos. Estos estudios tienen por objeto determinar el tiempo tipo para fijar el volumen de trabajo de cada puesto en las empresas, determinar el costo estándar o establecer sistemas de salarios de incentivo. Los procedimientos empleados pueden llegar a repercutir en el ingreso de los trabajadores, en la productividad y, según se supone, en los beneficios de la empresa. El estudio de tiempos no es ciencia exacta, aunque se han hecho muchas investigaciones, particularmente en Estados Unidos, para tratar de darle base científica.

Sin embargo, la valoración de la cadencia de trabajo del operador y los suplementos de tiempo que se deben prever para recuperarse de la fatiga y para otros fines siguen siendo en gran parte cuestión de criterio, y por lo tanto objeto de negociación entre la empresa y los trabajadores.

Al terminar el periodo de observaciones, el analista habrá acumulado cierto número de tiempos de ejecución y el correspondiente factor de calificación, mediante cuya combinación puede establecer el tiempo normal de la operación estudiada.

La *calificación de la actuación* es la técnica para determinar equitativamente el tiempo requerido por un operador normal para ejecutar una tarea. Entendemos por *operador normal* al operador competente y altamente experimentado que trabaje en las condiciones que prevalecen normalmente en la estación de trabajo, a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado lento, sino representativa de un término medio (véase la tabla 11.7).

Tabla 11.7 Calificación de la actuación.

| HABILIDAD   |            |       | ESFUERZO     |           |       |                                                                                                                                                   |
|-------------|------------|-------|--------------|-----------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A           | Habilísimo | +0.15 | A            | Excesivo  | +0.15 | <i>Habilidad.</i> Es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.                                    |
| B           | Excelente  | +0.10 | B            | Excelente | +0.10 |                                                                                                                                                   |
| C           | Bueno      | +0.05 | C            | Bueno     | +0.05 |                                                                                                                                                   |
| D           | Medio      | 0.00  | D            | Medio     | 0.00  | <i>Esfuerzo.</i> Es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.                        |
| E           | Regular    | -0.05 | E            | Regular   | -0.05 |                                                                                                                                                   |
| F           | Malo       | -0.10 | F            | Malo      | -0.10 |                                                                                                                                                   |
| G           | Torpe      | -0.15 | G            | Torpe     | -0.15 | <i>Condiciones.</i> Son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afecten la operación. |
| CONDICIONES |            |       | CONSISTENCIA |           |       |                                                                                                                                                   |
| A           | Buena      | +0.05 | A            | Buena     | +0.05 |                                                                                                                                                   |
| B           | Media      | 0.00  | B            | Media     | 0.00  | <i>Consistencia.</i> Son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconstante.                           |
| C           | Mala       | -0.05 | C            | Mala      | -0.05 |                                                                                                                                                   |

No hay método universalmente aceptado para calificar la actuación aun cuando la mayor parte de las técnicas se basan, primordialmente, en el juicio del analista de tiempos.

Para que el proceso de calificación conduzca a un estándar eficiente y útil, deberán satisfacerse en forma razonable dos requisitos básicos:

- La compañía debe establecer claramente lo que se entiende por tasa de trabajo normal.
- En la mente de cada uno de los calificadores debe existir una aproximación razonable al desempeño normal.

Aun cuando no existe un método satisfactorio ni convencionalmente aceptado para seleccionar y expresar el desempeño normal, las siguientes recomendaciones pueden resultar valiosas para ese fin.

- a) El ritmo tipo comúnmente aceptado es la velocidad de movimiento de un hombre al caminar sin carga, en terreno llano y en línea recta a 6.4 kilómetros por hora.
- b) Otro modelo por considerar es el que se debe seguir para repartir los 52 naipes de la baraja en 30 segundos, sobre la mesa, en un espacio de 30 cm de lado, sosteniendo el mazo de naipes fijo en la mano, a una distancia de la mesa de 12 a 18 cm.

A esta velocidad se le valora con 100, y si es más rápido será el punto de vista del analista y su experiencia la que determinan si trabaja a 105, 115, 120, 125, etcétera.

## Curva de aprendizaje

El aprendizaje depende del tiempo; con frecuencia existe una tendencia por parte de los planificadores de un proyecto a olvidarlo y también a olvidar que de una operación determinada a otra se pueden requerir tiempos de aprendizaje significativamente diferentes.

Algunas veces el costo asociado al periodo de aprendizaje puede ser el factor más relevante del costo inicial de un método propuesto. La figura 11.11 muestra la curva de aprendizaje de una operación determinada. Vemos que el operador se estabiliza en el séptimo día de trabajo con una producción acumulada de 650 piezas. La calificación de la actuación se simplifica cuando el operador llega a la sección plana de la curva de aprendizaje, que será el momento óptimo para obtener dicha producción. Sin embargo, no siempre es posible esperar tanto tiempo para el desarrollo de un tiempo normal. Se pueden obtener útiles expresiones algebraicas para calcular las horas-hombre totales, requeridas para producir un número predeterminado de unidades, así como también el tiempo acumulativo unitario para cualquier cantidad de unidades.

La teoría de la *curva de aprendizaje* prueba que, cada vez que la cantidad de partes producidas se duplica, el tiempo unitario decrece en un porcentaje constante.

$$T_{pu} = hn^c$$

$$Tt = hn^cn$$

en donde:

$T_{pu}$  = tiempo promedio unitario acumulativo de horas para cualquier número de unidades.

$h$  = horas-hombre para producir la primera unidad.

$n$  = número de unidades completas.

$c$  = % de la curva de aprendizaje.

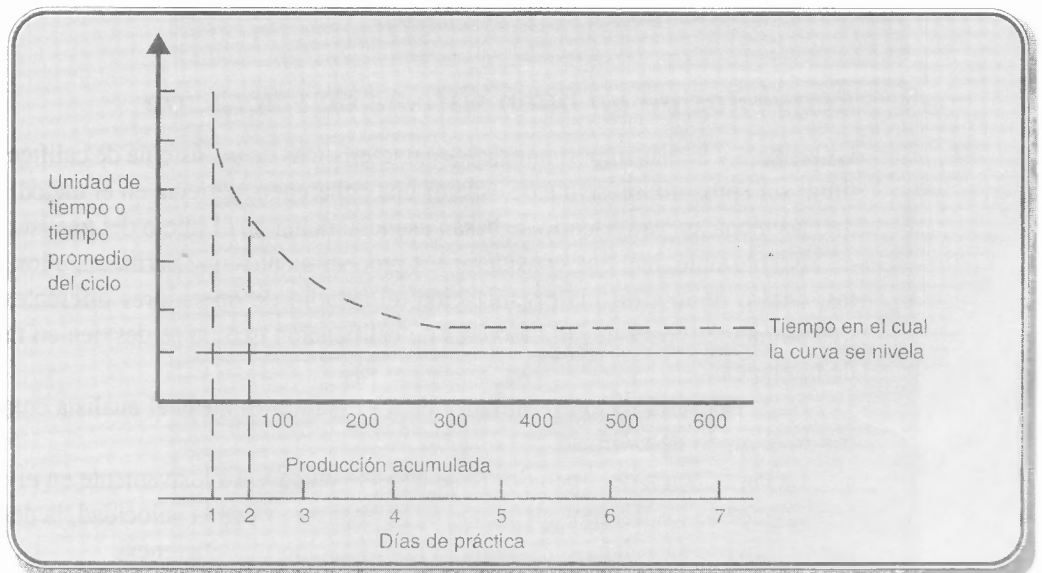


Figura 11.11  
Curva de  
aprendizaje.

**Ejemplo:**

Para producir 75 artículos se necesitan 825 minutos. Después de haberse producido otros 75 se determinó que cada uno de los 150 artículos se había producido en un promedio de 9 minutos.

Determine el valor de la pendiente y el porcentaje de la curva de aprendizaje:

$$Tpu_1 = \frac{825}{75} = 11$$

Por la propiedad de la curva de aprendizaje:

$$Tpu_2 = \frac{hn_2^c}{hn_1^c} = 2^c$$

En forma logarítmica:

$$\log Tpu = \log h + c \log n$$

Desarrollándola para los valores de este problema:

$$\log 11 = \log h + c \log 75$$

$$\log 9 = \log h + c \log 150$$

$$\log 11 - \log 9 = c(\log 75 - \log 150)$$

$$c = \frac{\log 11 - \log 9}{\log 75 - \log 150} = \frac{1.04139 - 0.95424}{1.87506 - 2.17609}$$

$$c = \frac{0.08715}{-0.30103} \text{ por lo tanto } c = -0.28951 = \text{Pendiente}$$

$$2^{-0.28951} = 81.82\% \text{ de aprendizaje}$$

**Requisitos de un buen sistema de valoración**

La primera y la más importante de las características de un sistema de calificación es su exactitud; sin embargo, no se puede esperar una coherencia perfecta en el método de calificar, y que las técnicas para hacerlo se basan esencialmente en el juicio del analista de tiempos.

No obstante, hay que considerar los procedimientos que permitan, a los distintos analistas, dentro de una misma organización, el estudio de operadores diferentes, empleando el mismo método, para llegar a factores de calificación que no se desvíen en más o menos 5% de tolerancia.

Nada destruirá tanto la confianza de los operadores hacia el analista como la incoherencia en el modo de calificar.

La calificación del operador debe hacerse única y exclusivamente en el curso de las observaciones de los tiempos elementales. El analista evalúa la velocidad, la destreza, la ausencia de movimientos falsos, el ritmo, la coordinación y la eficiencia.

Una vez que se ha juzgado y anotado la actuación nada debe cambiarse. En aquellos casos en que exista duda, el trabajo u operación debe estudiarse nuevamente para aprobar o rechazar la evaluación registrada.

## Métodos de calificación

Analizaremos cuatro métodos de calificación que serán utilizados según las características de cada empresa, trabajo u operación, y considerando las posibles políticas y datos que podemos recopilar.

## Nivelación

Cuando se utiliza este método, al evaluar la actuación del operador se consideran cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

La *habilidad* se define como “el aprovechamiento al seguir un método dado”. La figura 11.12 ilustra las características de los grados de habilidad, en conjunto con sus valores numéricos equivalentes.

La aplicación de estos factores deberá establecerse claramente y, como dijimos con anterioridad, puede variar de empresa a empresa, de trabajo a trabajo y de *operación a operación*.

El observador debe evaluar y calificar dentro de una de seis clases —habilísimo, excelente, bueno, medio, regular, malo— la habilidad desplegada por el operador.

Luego, la calificación de la habilidad se traduce a su porcentaje equivalente de valor, que va de 15% hasta -22%.

El *esfuerzo* se define como una demostración de la voluntad, para trabajar con eficiencia. El esfuerzo es representativo de la velocidad con que se aplica la habilidad y puede ser controlada en un alto grado por el operador.

| HABILIDAD |    |            | ESFUERZO |    |            |
|-----------|----|------------|----------|----|------------|
| +0.15     | A1 |            | +0.13    | A1 |            |
| +0.13     | A2 | Habilísimo | +0.12    | A2 | Excesivo   |
| +0.11     | B1 |            | +0.10    | B1 |            |
| +0.08     | B2 | Excelente  | +0.08    | B2 | Excelente  |
| +0.06     | C1 |            | +0.05    | C1 |            |
| +0.03     | C2 | Bueno      | +0.02    | C2 | Bueno      |
| -0.00     | D  | Promedio   | +0.00    | D  | Promedio   |
| -0.05     | E1 |            | -0.04    | E1 |            |
| -0.10     | E2 | Regular    | -0.08    | E2 | Regular    |
| -0.15     | F1 |            | -0.12    | F1 |            |
| -0.22     | F2 | Deficiente | -0.17    | F2 | Deficiente |

**Figura 11.12**  
Características  
de nivelación de  
los métodos de  
trabajo.



**Figura 11.13.**  
Características  
de nivelación de  
los métodos de  
trabajo.

| CONDICIONES |   |           | CONSISTENCIA |   |             |
|-------------|---|-----------|--------------|---|-------------|
| +0.06       | A | Ideales   | +0.04        | A | Perfecto    |
| +0.04       | B | Excelente | +0.03        | B | Excelente   |
| +0.02       | C | Buena     | +0.01        | C | Buena       |
| 0.00        | D | Promedio  | 0.00         | D | Promedio    |
| -0.03       | E | Regulares | -0.02        | E | Regulares   |
| -0.07       | F | Malas     | -0.04        | F | Deficientes |

El analista debe ser muy cuidadoso de calificar sólo el esfuerzo real demostrado. Puede darse el caso de que un operador aplique un esfuerzo mal dirigido, durante un periodo largo, a fin de aumentar también el tiempo del ciclo y, sin embargo, obtener un factor de calificación bueno. Los porcentajes y las clases de la tabla se pueden ajustar de acuerdo con los pesos con que trabaje una empresa.

Las *condiciones* son “aquellas circunstancias que afectan sólo al operador y no a la operación”. Los elementos que pueden afectar las condiciones de trabajo incluyen temperatura, ventilación, alumbrado, ruido, etcétera (figura 11.13).

Aquellas condiciones que afectan la operación, tales como las herramientas o materiales en malas condiciones, no se toman en cuenta cuando para las condiciones de trabajo se aplica el factor de actuación.

Por su parte, *consistencia* es el grado de variación en los tiempos transcurridos, mínimos y máximos, en relación con la media, juzgado con arreglo a la naturaleza de las operaciones y a la habilidad y esfuerzo del operador.

## Características principales de los factores de nivelación

### A. Habilidad

#### (F) Habilidad deficiente

1. Empleado nuevo o no adaptado.
2. No familiarizado con el trabajo.
3. Incierto en el orden debido a las operaciones.
4. Titubea entre las operaciones.
5. Comete muchos errores.
6. Movimientos torpes.
7. No coordina su mente con sus manos.
8. Falta de confianza en sí mismo.
9. Incapaz de razonar por sí mismo.
10. No puede interpretar bien los planos.

(E) Habilidad regular

1. Familiarizado superficialmente con el equipo y ambiente.
2. Inadaptado al trabajo durante largo tiempo.
3. Empleado relativamente nuevo.
4. Sigue el orden debido de las operaciones sin demasiado titubeo.
5. Un tanto torpe e incierto, pero sabe lo que está haciendo.
6. Hasta cierto límite planea de antemano.
7. No tiene confianza plena en sí mismo.
8. Pierde tiempo a consecuencia de sus desaciertos.
9. Puede interpretar planos relativamente bien.
10. Produce lo mismo que el empleado de habilidad mala, pero con menos esfuerzo.

(D) Habilidad promedio

1. Trabaja con una exactitud razonable.
2. Tiene confianza en sí mismo.
3. Conoce bien su trabajo.
4. Sigue un proceso establecido sin titubeos apreciables.
5. Conoce sus herramientas y equipos.
6. Planea las cosas de antemano.
7. Coordina la mente y las manos.
8. Interpreta bien los planos.
9. Se muestra un poco lento de movimientos.
10. Realiza un trabajo satisfactorio.

(C) Habilidad buena

1. Los titubeos se han eliminado totalmente.
2. Francamente mejor que el hombre medio.
3. Marcadamente inteligente.
4. Posee una buena capacidad de razonamiento.
5. Necesita poca vigilancia.
6. Trabaja a una marcha constante.
7. Bastante rápido en sus movimientos.
8. Trabaja correctamente y de acuerdo con las especificaciones.
9. Puede instruir a otros menos hábiles.
10. Movimientos bien coordinados.

(B) Habilidad excelente

1. Trabaja rítmica y coordinadamente.
2. Precisión de acción.
3. Muestra velocidad y suavidad en la ejecución.

4. Completamente familiarizado con el trabajo.
5. No comete equivocaciones.
6. Trabaja con exactitud, efectuando pocas mediciones y comprobaciones.
7. Obtiene el máximo aprovechamiento de su máquina y herramienta.
8. Tiene velocidad sin sacrificar la calidad.
9. Tiene plena confianza en sí mismo.
10. Posee gran destreza manual natural.

(A) Habilísimo

1. Trabaja como una máquina.
2. Es un operador de habilidad excelente que se ha perfeccionado.
3. Ha permanecido en su trabajo durante años.
4. Naturalmente adaptado al trabajo.
5. Sus movimientos son tan rápidos y suaves que son difíciles de seguir.
6. No parece tener que pensar lo que está haciendo.
7. Los elementos de la operación se unen entre sí de tal manera que sus puntos de separación son difíciles de reconocer.
8. Indudablemente el mejor trabajador de todos.

**B. Esfuerzo**

(F) Esfuerzo deficiente

1. Pierde el tiempo claramente.
2. Falta de interés en el trabajo.
3. Le molestan las sugerencias.
4. Trabaja despacio y se muestra perezoso.
5. Intenta prolongar el tiempo utilizando métodos inadecuados tales como:
  - a) Dar vueltas innecesarias en busca de herramientas o materiales.
  - b) Efectuar más movimientos que los necesarios.
  - c) Mantener en desorden su lugar de trabajo.
  - d) Efectuar su trabajo con una exactitud mayor que la necesaria.
  - e) Utilizar a propósito herramientas equivocadas e inadecuadas.

(E) Esfuerzo regular

1. Las mismas tendencias generales que el anterior pero en menor intensidad.
2. Acepta sugerencias con poco agrado.
3. Su atención parece desviarse del trabajo.
4. Afectado posiblemente por falta de sueño, vida desordenada o preocupaciones.
5. Pone alguna energía en su trabajo.

6. Utiliza métodos inadecuados, tales como:
  - a) Es medianamente sistemático, pero no sigue siempre el mismo orden.
  - b) Trabaja también con demasiada exactitud.
  - c) Hace su trabajo demasiado difícil.
  - d) No emplea las mejores herramientas.
  - e) Aparenta ignorancia sobre el trabajo que hace.

(D) Esfuerzo promedio

1. Trabaja con constancia.
2. Mejor que el regular.
3. Es un poco escéptico sobre la honradez del observador de tiempos o de la dirección.
4. Acepta sugerencias pero no pone en práctica ninguna.
5. Parece frenar sus mejores esfuerzos.
6. Con respecto al método:
  - a) Tiene una buena distribución de su área de trabajo.
  - b) Planea.
  - c) Trabaja con buen sistema.
  - d) Reduce los movimientos perdidos.

(C) Esfuerzo bueno

1. Pone interés en el trabajo.
2. Muy poco o ningún tiempo perdido.
3. No se preocupa por el observador de tiempos.
4. Trabaja al ritmo más adecuado a su resistencia.
5. Consciente de su trabajo.
6. Tiene fe en el observador de tiempos.
7. Se interesa por los consejos y sugerencias y los pone en práctica.
8. Constante y confiado.
9. Sigue el método establecido:
  - a) Está bien preparado y tiene en orden su lugar de trabajo.

(B) Esfuerzo excelente

1. Trabaja con rapidez.
2. Utiliza el razonamiento tanto como las manos.
3. Tiene gran interés en el trabajo.
4. Recibe y hace muchas sugerencias.
5. Tiene una gran fe en el observador de tiempos.
6. No puede mantener este esfuerzo por más de unos pocos días.
7. Trata de mostrar superioridad.

8. Utiliza el mejor equipo y los mejores métodos disponibles:

- a) Reduce al mínimo los movimientos innecesarios.
- b) Trabaja sistemáticamente con su mejor habilidad.

(A) Esfuerzo excesivo

1. Tiene un ritmo imposible de mantener constantemente.
2. Realiza el mejor esfuerzo desde todos los puntos de vista, menos el de la salud.

### Valoración o calificación sintética

Este parámetro consiste en comparar los tiempos observados con otros considerados como normas.

En todo estudio de tiempos existe un cierto número de movimientos idénticos que encuentran siempre en una misma secuencia. Por medio de estudios de investigación, tomador de tiempos determina cuál es el tiempo normal necesario para ejecutar cada uno de esos grupos de movimientos.

Al efectuar un estudio de tiempos selecciona los elementos de la operación, de tal manera que cuando menos un grupo corresponda a un elemento, con lo que se debió haber observado si el operador trabajó a un nivel normal de ejecución. Como resultado se obtiene un factor de corrección que se aplica a todos los demás elementos.

El factor de corrección puede expresarse como:

$$P = \frac{Ft}{O}$$

en donde:

$P$  = factor de actuación

$Ft$  = tiempo del movimiento fundamental

$O$  = tiempo elemental medio observado por los mismos elementos que se haya usado  $Ft$ .

### Ejemplo:

Con la tabla 11.8 deseamos determinar el tiempo normal de la siguiente operación:

Tabla 11.8.

| ELEMENTOS | CICLOS |      |      |      |      |   |   |   |   |    | TOTAL | PROMEDIO | F.N. | T. NORMA |
|-----------|--------|------|------|------|------|---|---|---|---|----|-------|----------|------|----------|
|           | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |       |          |      |          |
| 1         | 0.10   | 0.11 | 0.10 | 0.12 | 0.09 |   |   |   |   |    | 0.520 | 0.104    |      |          |
| 2         | 0.22   | 0.22 | 0.25 | 0.23 | 0.23 |   |   |   |   |    | 1.150 | 0.230    |      |          |
| 3         | 0.30   | 0.32 | 0.29 | 0.32 | 0.30 |   |   |   |   |    | 1.530 | 0.306    |      |          |
| 4         | 0.69   | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.69 |   |   |   |   |    | 3.450 | 0.690    |      |          |
| 5         | 0.11   | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.12 |   |   |   |   |    | 0.550 | 0.110    |      |          |

Tabla 11.9.

| ELEMENTO | TMO   | TIPO DE ELEMENTO | TIEMPO DE LOS MOVIMIENTOS FUNDAMENTALES | FACTOR % |
|----------|-------|------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1        | 0.104 | Manual           | 0.108                                   | 103      |
| 2        | 0.230 | Manual           | —                                       | 103      |
| 3        | 0.306 | Manual           | —                                       | 103      |
| 4        | 0.690 | Mecánico         | —                                       | 103      |
| 5        | 0.110 | Manual           | 0.112                                   | 103      |

Como se observa, el elemento 4 de la tabla anterior es controlado por una máquina.

Con los datos de las tablas anteriores, calculamos el factor de actuación del elemento 1 y el elemento 5, lo que nos permitirá encontrar el factor de nivelación de la forma siguiente:

$$P_1 = \frac{0.108}{0.104} = 103.84\%$$

$$P_5 = \frac{0.112}{0.110} = 101.81\%$$

Sumando ambos factores y promediando, tenemos:

$$103.8 + 101.8 = \frac{2.056}{2} = 1.028 \cong 103$$

El tiempo normal para la operación quedaría como se muestra en la tabla 11.10.

Tal vez una de las mayores objeciones a la aplicación de esta técnica es el tiempo que se requiere para construir un diagrama bimanual de los elementos seleccionados para establecer los tiempos de los movimientos básicos.

Tabla 11.10.

| ELEMENTO | FACTOR | TMO   | TN    |
|----------|--------|-------|-------|
| 1        | 1.03   | 0.104 | 0.107 |
| 2        | 1.03   | 0.230 | 0.237 |
| 3        | 1.03   | 0.306 | 0.315 |
| 4        | 1.03   | 0.690 | 0.690 |
| 5        | 1.03   | 0.110 | 0.113 |

## Valoración por tiempos predeterminados

Existen algunas técnicas, tales como la “Medida del tiempo de los métodos”, “Factor del trabajo”, “Estudio del tiempo de los movimientos básicos”, etcétera, que permiten determinar el tiempo que se ocupa en una actividad por medio del análisis de los micromovimientos. Cada uno de éstos ha sido estudiado y se le ha fijado un tiempo de actuación. La suma de los tiempos de todos los micromovimientos empleados en una operación da el tiempo valorado para ésta. Si en lugar de obtener el tiempo valorado para toda la operación se determina sólo el tiempo valorado para un elemento, es posible, al comparar este tiempo con el que emplea actualmente el trabajador, determinar el nivel de actuación de éste.

Como este nivel de actuación se marca en porcentaje, se emplea también un factor de corrección para todos los demás elementos. Para aplicar este método, debe suponerse que el nivel de actuación del trabajador es constante en la ejecución de toda la operación (véase la figura 11.14).

**Figura 11.14** Tabla de calificación de ritmos de trabajo.

### EJEMPLOS DE RITMOS DE TRABAJO EXPRESADO SEGÚN LAS DIFERENTES ESCALAS DE VALORACIÓN

| Escalas |        |         |                         | Descripción del desempeño                                                                                                                                                                      | Velocidad de marcha comparable (k/h) |
|---------|--------|---------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 60-80   | 75-100 | 100-133 | 0-100 (Norma británica) |                                                                                                                                                                                                |                                      |
| 0       | 0      | 0       | 0                       | Actividad nula                                                                                                                                                                                 |                                      |
| 40      | 50     | 67      | 50                      | Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operador parece medio dormido y sin interés en el trabajo.                                                                                        | 3.2                                  |
| 60      | 75     | 100     | 75                      | Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde el tiempo adrede mientras lo observan.                         | 4.8                                  |
| 80      | 100    | 133     | 100<br>Ritmo tipo       | Activo, capaz, como obrero calificado medio pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.                                                                   | 6.4                                  |
| 100     | 125    | 167     | 125                     | Muy rápido; el operador actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio.                                                   | 8.0                                  |
| 120     | 150    | 200     | 150                     | Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intenso, sin probabilidad de durar por largos periodos; actuación de “virtuosos”, sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes. | 9.6                                  |

Fuente: Adaptación de un cuadro publicado por la *Engineering and Allied Employed (West of England), Association Department of Work Study*.

\*Partiendo del supuesto de un operario de estatura y facultades físicas medias, que camine en línea recta por terreno llano y sin obstáculos.

## Calificación objetiva

La calificación objetiva es un método según el cual se califican el ritmo y la dificultad de trabajo. Bajo este procedimiento, el operador se califica exactamente en la misma forma que el método anterior; pero posteriormente se selecciona un segundo factor de ajuste que toma en cuenta la dificultad del trabajo. Por ejemplo, del estudio de tiempos para una determinada operación se tienen los siguientes datos que señala la tabla 11.11:

Tabla 11.11.

| ELEMENTOS | CICLOS |      |      |      |      |   |   |   |   |    | TOTAL | PROMEDIO | FACTOR DE NIVELACIÓN | TIEMPO NORMAL |
|-----------|--------|------|------|------|------|---|---|---|---|----|-------|----------|----------------------|---------------|
|           | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |       |          |                      |               |
| 1         | 0.10   | 0.11 | 0.10 | 0.11 | 0.11 |   |   |   |   |    | 0.530 | 0.106    | 1.02                 | 0.108         |
| 2         | 1.52   | 1.56 | 1.52 | 1.54 | 1.53 |   |   |   |   |    | 7.670 | 1.534    | 0.90                 | 1.381         |
| 3         | 2.60   | 2.60 | 2.62 | 2.61 | 2.63 |   |   |   |   |    | 13.06 | 2.612    | 1.08                 | 2.821         |
| 4         | 0.45   | 0.45 | 0.47 | 0.48 | 0.45 |   |   |   |   |    | 2.300 | 0.46     | 1.10                 | 0.507         |

Figura 11.15 Tabla de los ajustes por la dificultad de trabajo, usada en la calificación objetiva.

| CATEGORÍA No. | DESCRIPCIÓN                    | LETRA DE REFERENCIA                                                  | CONDICIÓN                                                                      | PORCENTAJE DE AJUSTE  |
|---------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1             | Parte del cuerpo usada         | A                                                                    | Escaso uso de los dedos                                                        | 0                     |
|               |                                | B                                                                    | Muñeca y dedos                                                                 | 1                     |
|               |                                | C                                                                    | Codos, muñeca y dedos                                                          | 2                     |
|               |                                | D                                                                    | Brazo, etc.                                                                    | 5                     |
|               |                                | E                                                                    | Tronco, etc.                                                                   | 8                     |
|               |                                | E2                                                                   | Levantar del piso con las piernas                                              | 10                    |
| 2             | Pedales                        | F                                                                    | Sin pedales o un pedal con fulcro, bajo el pie                                 | 0                     |
|               |                                | G                                                                    | Pedal o pedales con fulcro fuera del pie                                       | 5                     |
| 3             | Uso de ambas manos             | H                                                                    | Las manos se ayudan entre sí o trabajan alternadamente                         | 0                     |
|               |                                | H2                                                                   | Las manos trabajan simultáneamente haciendo el mismo trabajo en piezas iguales | 18                    |
| 4             | Coordinación de ojos y manos   | I                                                                    | Trabajo burdo, al tacto                                                        | 0                     |
|               |                                | J                                                                    | Visión moderada                                                                | 2                     |
|               |                                | K                                                                    | Constante, pero muy cercana                                                    | 4                     |
|               |                                | L                                                                    | Cuidadosa, bastante cercano                                                    | 7                     |
| 5             | Requerimientos de manipulación | M                                                                    | Dentro de 0.4 mm                                                               | 10                    |
|               |                                | N                                                                    | Puede manipularse burdamente                                                   | 0                     |
|               |                                | O                                                                    | Solamente un control burdo                                                     | 1                     |
|               |                                | P                                                                    | Debe controlarse cuidadosamente                                                | 3                     |
| 6             | Peso                           | Q                                                                    | Frágil                                                                         | 3                     |
|               |                                | R                                                                    |                                                                                | 5                     |
| 6             | Peso                           | Se identifica con la letra W, seguida por el peso o resistencia real |                                                                                | Use la figura 11.15a) |



Figura 11.15A Tabla de los ajustes por peso, usada en la calificación objetiva.

| PESO EN kg | PORCENTAJE DE AJUSTE LEVANTAR CON EL BRAZO | PORCENTAJE DE AJUSTE LEVANTAR CON LA PIERNA | PESO EN kg | PORCENTAJE DE AJUSTE LEVANTAR CON EL BRAZO | PORCENTAJE DE AJUSTE LEVANTAR CON LA PIERNA | PESO EN kg | PORCENTAJE DE AJUSTE LEVANTAR CON EL BRAZO | PORCENTAJE DE AJUSTE LEVANTAR CON LA PIERNA |
|------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0.5        | 2                                          | 1                                           | 3.0        | 15                                         | 3                                           | 5.5        | 24                                         | 8                                           |
| 1.0        | 5                                          | 1                                           | 3.5        | 17                                         | 4                                           | 6.0        | 25                                         | 9                                           |
| 1.5        | 6                                          | 1                                           | 4.0        | 19                                         | 5                                           | 6.5        | 27                                         | 10                                          |
| 2.0        | 10                                         | 2                                           | 4.5        | 20                                         | 6                                           | 7.0        | 28                                         | 10                                          |
| 2.5        | 13                                         | 3                                           | 5.0        | 22                                         | 7                                           | Etc.       | Etc.                                       | Etc.                                        |

Tabla resumen de calificación objetiva según la actividad del operador (tomados de la figura 11.15).

Figura 11.16.

| CAT. No. | DESCRIPCIÓN                    | LETRA DE REFERENCIA |   |    |     | PORCENTAJE DE AJUSTE |    |    |    |
|----------|--------------------------------|---------------------|---|----|-----|----------------------|----|----|----|
|          |                                | ELEMENTO            |   |    |     | ELEMENTO             |    |    |    |
|          |                                | 1                   | 2 | 3  | 4   | 1                    | 2  | 3  | 4  |
| 1        | Parte del cuerpo usado         | D                   | D | D  | D   | 5                    | 5  | 5  | 5  |
| 2        | Pedales                        | —                   | 6 | —  | —   | —                    | 5  | —  | —  |
| 3        | Uso de ambas manos             | H2                  | — | H2 | H2  | 18                   | —  | 18 | 18 |
| 4        | Coordinación de ojo y mano     | K                   | J | K  | J   | 4                    | 2  | 4  | 2  |
| 5        | Requerimientos de manipulación | —                   | — | —  | p   | —                    | —  | —  | 2  |
| 6        | Peso                           | —                   | — | —  | W.5 | —                    | —  | —  | 2  |
| Total    |                                |                     |   |    |     | 27                   | 12 | 27 | 29 |

Resolución del problema:

Factor de calificación = Calificación por velocidad  $\times$  Calificación de dificultad, ahora elaboramos la tabla 11.12.

Tabla 11.12.

| ELEMENTO | F.V. | F.D. | F     |
|----------|------|------|-------|
| 1        | 0.80 | 1.27 | 1.016 |
| 2        | 0.80 | 1.12 | 1.896 |
| 3        | 0.85 | 1.27 | 1.079 |
| 4        | 0.85 | 1.29 | 1.096 |

Una vez calculado el factor de calificación se aplica en la tabla de tiempos columna F. N. (Factor de nivelación), en la tabla 11.11.

El tiempo normal para la operación, estará dado por la suma de los tiempos normales elementales

$$TN = 0.108 + 1.381 + 0.507 = 4.817$$

$$TN = 4.817 \text{ min.}$$

### *Cómo hacer la valoración del estudio de tiempos*

Con objeto de determinar cuándo debe fijarse un factor de valoración para cada uno de los elementos, y cuándo debe fijarse un solo factor para todo el estudio, ténganse en cuenta los puntos siguientes:

1. Cuando el tiempo de cada uno de los elementos es corto, siempre debe fijarse un factor global para todo el estudio.
2. Cuando el tiempo de cada uno de los elementos es largo, puede fijarse un factor individual a cada uno.
3. Cuando el trabajador efectúa una operación en la cual se incluyen elementos nuevos para él, mientras que está muy familiarizado con los otros, es necesario fijar un factor individual a cada elemento.
4. Siempre que sea posible es preferible fijar un factor global a todo el estudio.

### *Entrenamiento en valoración*

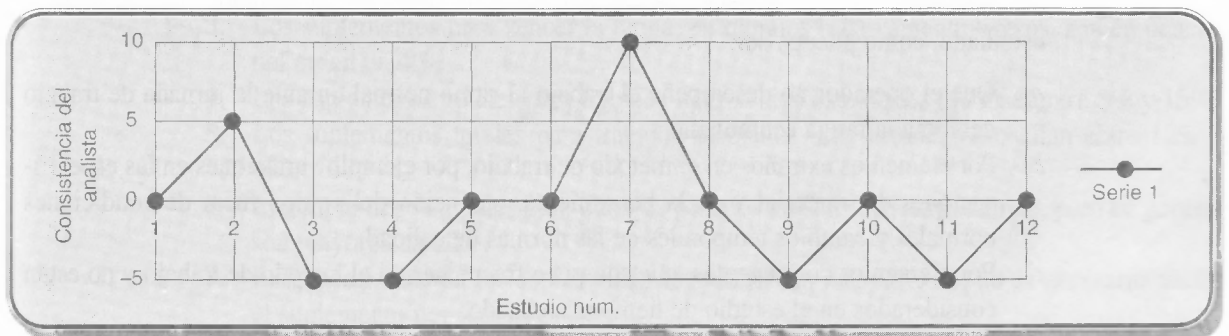
Con excepción de los métodos sintéticos de valoración, los demás basan su dominio en el desarrollo de habilidades del analista para percibir los diferentes ritmos de trabajo. Esta habilidad la podemos desarrollar mediante entrenamiento en cualquiera de los métodos mencionados, haciéndose periódicamente autoevaluaciones de su aprendizaje. Para realizar esta evaluación puede emplearse una gráfica como la de la figura 11.17.

En ella podemos observar:

- a) Las variaciones que tengan un valor de  $\pm 5\%$  pueden considerarse satisfactorias.

Graficando la variación con respecto al estudio se obtiene la figura 11.17.

Figura 11.17 Gráfica de entrenamiento en valoración.



**Tabla 11.13** Gráfica de entrenamiento o en valoración

|                |     |    |     |     |     |     |    |    |     |     |    |    |
|----------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|
| Cal. observada | 110 | 90 | 95  | 105 | 120 | 125 | 70 | 65 | 95  | 105 | 85 | 60 |
| Cal. real      | 110 | 85 | 100 | 110 | 120 | 125 | 80 | 65 | 100 | 105 | 90 | 60 |
| Variación      | 0   | 5  | -5  | -5  | 0   | 0   | 10 | 0  | -5  | 0   | -5 | 0  |
| Estudio núm.   | 1   | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9   | 10  | 11 | 12 |

- b) Las variaciones que sean consistentes (+) o (-) son preferibles a aquellas que van en “zig-zag”.

## SUPLEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

En la fase anterior del estudio de tiempos se obtuvo el tiempo base del trabajo objeto de estudio. Si con este dato calculamos la cantidad de producción que podemos obtener durante un periodo dado, en la observación continua de los resultados encontraremos que difícilmente alcanzaremos esta norma de producción.

Un análisis de las causas que lo impiden puede ser:

1. Assignables al trabajador.
2. Assignables al trabajo estudiado.
3. No assignables.

### *Assignables al trabajador*

Son básicamente las siguientes:

- a) Que el operador no desempeñe el trabajo al ritmo normal por falta de habilidad y/o esfuerzo.
- b) Que el trabajador no aproveche totalmente el tiempo disponible de la jornada de trabajo debido a la utilización de tiempos improductivos para satisfacer necesidades personales.

### *Assignables al trabajo estudiado*

Se consideran así aquellas relacionadas con las características del método y tipo de trabajo estudiado, como pueden ser:

- a) Que el operador no desempeñe el trabajo al ritmo normal durante la jornada de trabajo debido a la fatiga acumulada.
- b) Por elementos extraños en el método de trabajo, por ejemplo variaciones en las especificaciones del material y de la herramienta, operación del equipo fuera de condiciones normales y cambios temporales de las normas de calidad.
- c) Por elementos contingentes, que son poco frecuentes en el método de trabajo y no están considerados en el estudio de tiempos realizado.

## ***No asignables al método ni al trabajador***

- a) Demora en la actividad del trabajador a consecuencia de dar instrucciones o recibir información.
- b) Tiempos improductivos debido a interrupciones del proceso productivo, como por ejemplo falta de material, descompostura del equipo, falta de energía eléctrica, etcétera.

Sin embargo, antes de continuar avanzando es necesario definir lo que debemos entender por suplemento: Un **suplemento** es el tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea.

## **Suplementos que pueden concederse**

Tres son los suplementos que pueden concederse en un estudio de tiempos:

1. Suplementos por retrasos personales
2. Suplementos por retrasos por fatiga (descanso)
3. Suplementos por retrasos especiales, incluye:
  - a) Demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes.
  - b) Demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión.
  - c) Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitiva.

## **Valor de los suplementos**

Aunque más adelante se explicará que ya existen valores predeterminados para algunos de los casos, a continuación se estudiará cómo determinar la tolerancia en cada uno de ellos. En ausencia de un estudio minucioso, a continuación se dan algunos lineamientos que pueden servir para su determinación:

1. En general, los suplementos personales son constantes para un mismo tipo de trabajo. Para personas normales fluctúan entre 4% y 7%.
2. Los suplementos para compensar los retrasos especiales pueden variar entre amplios límites, aunque en trabajos bien estudiados no es raro encontrar que sean de entre 1% y 5%.
3. Los suplementos para vencer la fatiga, en trabajos relativamente ligeros, son en general del orden de 4%.
4. Los suplementos totales para trabajos ligeros bien estudiados fluctúan entre 8% y 15%.
5. Los suplementos totales para trabajos medianos bien estudiados oscilan entre 12% y 40%.
6. Los suplementos totales para trabajos pesados no son fáciles de estimar, pero en general son mayores de 20%.
7. En general, cuando los suplementos totales suman más de 20%, no es necesario añadir el suplemento por fatiga.

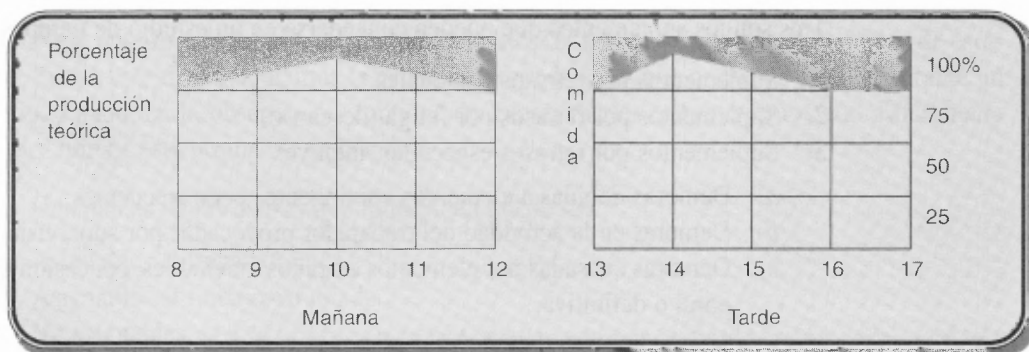
## Suplemento por retrasos por fatiga

A continuación proporcionamos tres definiciones del concepto:

- Fatiga es el estado de la actitud física o mental, real o imaginaria, de una persona, que influye en forma adversa en su capacidad de trabajo.
- Fatiga es cualquier cambio ocurrido en el resultado de su trabajo, asociado con la disminución de la producción del empleado.
- Fatiga es la reducción de la habilidad para hacer un trabajo debido a lo previamente efectuado.

La zona oscura en la figura 11.18 representa la pérdida de producción, a medida que avanza el día. Esta curva representa el promedio de muchos estudios, y puede no corresponder exactamente a la situación de una empresa dada.

**Figura 11.18**  
Efectos de la fatiga sobre el rendimiento.



## Factores que tienden a producir fatiga

- Constitución del individuo.
- Tipo de trabajo.
- Condiciones del trabajo.
- Monotonía y tedio.
- Ausencia de descansos apropiados.
- Alimentación del individuo.
- Esfuerzo físico y mental requeridos.
- Condiciones climáticas.
- Tiempo trabajando.

## Métodos para calcular los suplementos por fatiga

La determinación de los suplementos por fatiga se puede hacer mediante:

- La valoración objetiva con estándares de fatiga.
- La investigación directa.

El primer método consiste en hacer el análisis de las características del trabajo estudiado y, posteriormente, con base en valores asignados para diferentes condiciones, se procede a calcular el suplemento a concederse.

A continuación se exponen dos métodos empleados en la actualidad.

### **Método "A" para calcular los suplementos por fatiga\***

En este método el suplemento por fatiga contiene siempre una cantidad básica constante y, algunas veces, una cantidad variable que depende del grado de fatiga que se suponga cause el elemento. La parte constante del suplemento (o sea el suplemento mínimo o básico por fatiga) corresponde a lo que se piensa que necesita un obrero que cumple su tarea sentado, que efectúa un trabajo leve en buenas condiciones de trabajo y que precisa emplear sus manos, piernas y sentidos normalmente. Es común la cifra de 4% para hombres y mujeres por igual. La cantidad variable sólo se añade cuando las condiciones de trabajo son penosas y no se pueden mejorar.

A los efectos del cálculo, puede decirse que el suplemento por descanso consta de:

- a) Un mínimo básico constante, que siempre se concede.
- b) Una cantidad variable, añadida a veces, según las circunstancias en que se trabaje.

En la figura 11.19 se representa un sistema de suplementos por descansos en porcentaje de los tiempos normales.

### **Cálculo de la cantidad variable del suplemento**

Los factores que deben tenerse en cuenta para calcular el suplemento variable pueden ser:

- a) Trabajo de pie
- b) Postura anormal
- c) Levantamiento de pesos o uso de fuerza
- d) Intensidad de la luz
- e) Calidad del aire
- f) Tensión visual
- g) Tensión auditiva
- h) Tensión mental
- i) Monotonía mental
- j) Monotonía física

La figura 11.19 muestra ejemplos de los correspondientes suplementos, pero tal vez sea útil añadir algunas acotaciones, empleando cifras de la figura.

a) *Trabajo de pie.* Este tipo de trabajo lleva consigo un suplemento adicional. En diversos países, la ley ha reconocido que el trabajo de pie es más agotador y exige que en el lugar de trabajo o cerca de él haya asientos para los periodos de descanso.

b) *Postura anormal.* La postura normal del obrero occidental es de pie o sentado, con el trabajo más o menos a la altura de la cintura. Las demás posturas resultan anormales y se les debe asignar un suplemento según el grado en que sean forzadas.

\* Este método se obtuvo del libro *Introducción al estudio del trabajo* que editó la Organización Internacional del Trabajo. OIT.

Figura 11.19 Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales.

| Instituto de Administración Científica de las Empresas<br>Curso de "Técnicas de organización"<br>Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales. |         |                             |                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------|----------------------------------------------|
| 1. Suplementos constantes                                                                                                                                                                  |         | E. Condiciones atmosféricas |                                              |
|                                                                                                                                                                                            | Hombres | Mujeres                     | (calor y humedad)                            |
| Suplementos por                                                                                                                                                                            |         |                             | Índice de enfriamiento en el termómetro      |
| necesidades personales                                                                                                                                                                     | 5       | 7                           | húmedo de – Suplemento                       |
| Suplementos base por fatiga                                                                                                                                                                | 4       | 4                           | Kata (milicalorías/cm <sup>2</sup> /segundo) |
| 2. Suplementos variables                                                                                                                                                                   |         |                             | 16 0                                         |
|                                                                                                                                                                                            | Hombres | Mujeres                     | 14 0                                         |
| A. Suplemento por trabajar de pie                                                                                                                                                          | 2       | 4                           | 12 0                                         |
| B. Suplemento por postura anormal                                                                                                                                                          |         |                             | 10 3                                         |
| Ligeramente incómoda                                                                                                                                                                       | 0       | 1                           | 8 10                                         |
| Incómoda (inclinado)                                                                                                                                                                       | 2       | 3                           | 6 21                                         |
| Muy incómoda (echado, estirado)                                                                                                                                                            | 7       | 7                           | 5 31                                         |
| C. Uso de la fuerza o de la energía muscular                                                                                                                                               |         |                             | 4 45                                         |
| (levantar, tirar o empujar)                                                                                                                                                                |         |                             | 3 64                                         |
| Peso levantado por kilogramo                                                                                                                                                               |         |                             | 2 100                                        |
| 2.5                                                                                                                                                                                        | 0       | 1                           | F. Concentración intensa                     |
| 5                                                                                                                                                                                          | 1       | 2                           | Hombres Mujeres                              |
| 7.5                                                                                                                                                                                        | 2       | 3                           | Trabajos de cierta precisión 0 0             |
| 10                                                                                                                                                                                         | 3       | 4                           | Trabajos de precisión o fatigosos 2 2        |
| 12.5                                                                                                                                                                                       | 4       | 6                           | Trabajos de gran precisión                   |
| 15                                                                                                                                                                                         | 5       | 8                           | o muy fatigosos 5 5                          |
| 17.5                                                                                                                                                                                       | 7       | 10                          | G. Ruido.                                    |
| 20                                                                                                                                                                                         | 9       | 13                          | Continuo 0 0                                 |
| 22.5                                                                                                                                                                                       | 11      | 16                          | Intermitente y fuerte 2 2                    |
| 25                                                                                                                                                                                         | 13      | 20 (máx)                    | Intermitente y muy fuerte 5 5                |
| 30                                                                                                                                                                                         | 17      | —                           | Estridente y fuerte                          |
| 33.5                                                                                                                                                                                       | 22      | —                           | H. Tensión mental                            |
| D. Mala iluminación                                                                                                                                                                        |         |                             | Proceso bastante complejo 1 1                |
| Ligeramente por debajo de la                                                                                                                                                               |         |                             | Proceso complejo o atención                  |
| potencia calculada 0 0                                                                                                                                                                     |         |                             | dividida entre muchos objetos 4 4            |
| Bastante por debajo 2 2                                                                                                                                                                    |         |                             | Muy complejo 8 8                             |
| Absolutamente insuficiente 5 5                                                                                                                                                             |         |                             | I. Monotonía                                 |
|                                                                                                                                                                                            |         |                             | Trabajo algo monótono 0 0                    |
|                                                                                                                                                                                            |         |                             | Trabajo bastante monótono 1 1                |
|                                                                                                                                                                                            |         |                             | Trabajo muy monótono 4 4                     |
|                                                                                                                                                                                            |         |                             | J. Tedio                                     |
|                                                                                                                                                                                            |         |                             | Trabajo algo aburrido 0 0                    |
|                                                                                                                                                                                            |         |                             | Trabajo aburrido 2 1                         |
|                                                                                                                                                                                            |         |                             | Trabajo muy aburrido 5 2                     |

Sin embargo, no en todas partes es así, y en la India, por ejemplo, se considera normal la postura en cuclillas.

### Ejemplo:

|                                                      |              |
|------------------------------------------------------|--------------|
| Peso del cuerpo no distribuido por igual en los pies | 2% máximo.   |
| Cuerpo inclinado en ángulo con la vertical           | 5% máximo.   |
| Brazos alzados más alto que el tórax                 | 10% máximo.  |
| Cuerpo doblado, agachado o tendido                   | 5% máximo.   |
| Postura constreñida (minero en el tajo)              | 6.8% máximo. |

c. *Levantamiento de pesos o uso de fuerza.* Los suplementos de la figura 11.19 son válidos si se levantan o acarrean pesos en posturas cómodas, pero deben aumentarse si es necesario agacharse o doblarse (postura anormal). Las cifras de la figura muestran que, a partir de cierta carga, es más económico, y no sólo más humano, recurrir a la fuerza mecánica. En junio de 1967, en su 55a. reunión, la conferencia general de la Organización Internacional del Trabajo adoptó el convenio sobre el peso máximo admisible y una recomendación que dispone lo siguiente:

“Cuando el peso máximo de la carga que puede ser transportada manualmente por un trabajador adulto de sexo masculino sea superior a 55 kilogramos, deberían adoptarse medidas lo más rápidamente posible para reducirlo a ese nivel. El peso máximo admisible para las mujeres y menores debería ser *considerablemente inferior* al fijado para los adultos de sexo masculino.” Si se trasladan a una gráfica (figura 11.20) las cifras de la figura 11.19 se obtiene la siguiente curva donde se verá que, una vez pasados los 30 kg de carga, el suplemento adicional por fatiga aumenta rápidamente y llega casi a 58% para un peso de 50 kg.

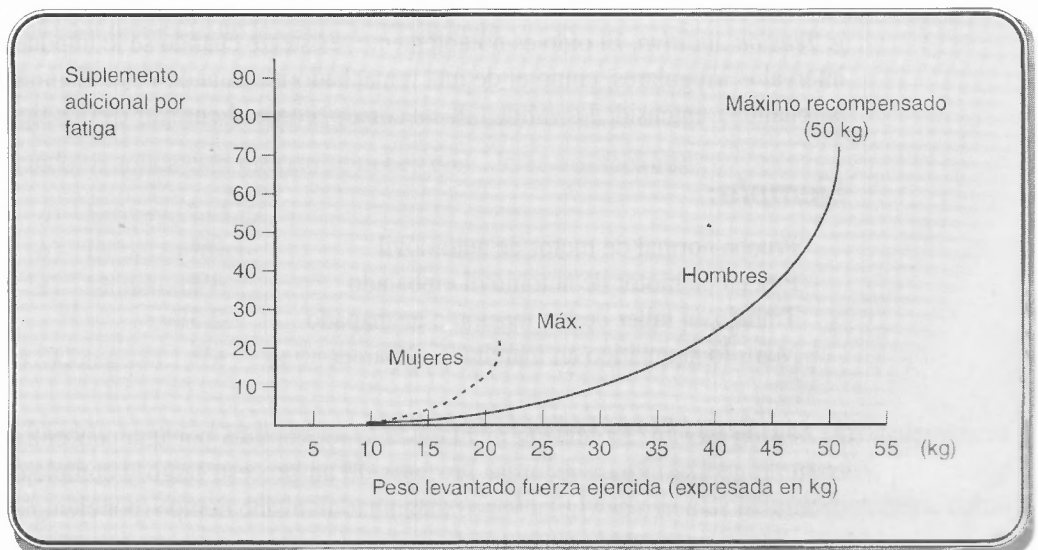


Figura 11.20  
Suplementos  
por el uso de la  
fuerza.



*d. Intensidad de la luz.* Si se trabaja con menos luz que la recomendada por las condiciones normales y es imposible aumentarla, se debe conceder un suplemento según el grado en que deba forzarse la vista. Sin embargo, la luz es mala no sólo cuando es poca, sino también cuando hay resplandor o contrastes violentos entre la superficie de trabajo y el ambiente circundante.

*e. Calidad del aire.* Los suplementos indicados en el cuadro de suplementos no deben servir para compensar las variaciones de clima, sino para contrarrestar los efectos de un aire viciado por algún factor propio del trabajo que no se pueda eliminar totalmente. Cuando el obrero debe soportar emanaciones molestas es posible que se justifique un suplemento de hasta 15%, según la gravedad de la situación. Si las emanaciones son nocivas e imponen el uso de máscaras, los suplementos suelen llegar a 10%, más o menos. Las cifras del cuadro deben tomarse como simples aproximaciones. Por lo demás, siempre será preferible esforzarse por mejorar la pureza del aire que contentarse por prever un suplemento de tiempo.

*f. Tensión visual.* La vista se esfuerza cuando el trabajo que se hace o el instrumento que se emplea exigen gran concentración, por ejemplo, fabricar relojes o vigilar una continua de anillos para ver inmediatamente las roturas del hilo.

### **Ejemplo:**

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Utilización de una regla de cálculo    | 2% |
| Observación de una continua de anillos |    |
| Hilo color claro                       | 2% |
| Observación de una continua de anillos |    |
| Hilo color oscuro                      | 4% |

*g. Tensión auditiva.* El oído es notablemente resistente cuando se le impone un ruido fuerte a intervalos irregulares, como el de una remachadora o cuando debe distinguir variaciones de la tonalidad, intensidad o calidad de un sonido, como al ensayar ciertos tipos de máquinas.

### **Ejemplo:**

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| Prueba normal de motor de automóvil             | 2%   |
| Prueba de motor de automóvil embalado           | 4%   |
| Trabajo en taller de laminación o enchapado     | 2.3% |
| Martillo neumático en marcha (5 s) parado (5 s) | 4%   |

*h. Tensión mental.* La tensión mental puede ser causada por una concentración prolongada, como la necesaria para recordar las fases de un proceso largo y complejo. También puede deberse al esfuerzo de vigilar varias máquinas al mismo tiempo (por ejemplo telares), en cuyo caso interviene también un factor de ansiedad.

**Ejemplo:**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Vigilancia de continua de 200 a 300 husos                        | 3% |
| Vigilancia de una continua de 700 a 800 husos                    | 6% |
| Tejido en 6 telares no automático                                | 6% |
| Tejido en 24 telares con dispositivo automático de detención     | 6% |
| Arrollamiento de bobinas de encendido;<br>10 vueltas por mandril | 4% |

i. *Monotonía mental.* Proviene generalmente del empleo repetido de ciertas facultades mentales, como hacer un cálculo mental, y tiene mayores probabilidades de producirse con un trabajo corriente de oficina que en un taller. En este caso debería cambiarse de trabajo.

j. *Monotonía física.* Es la sensación causada por el uso repetido de ciertos miembros u órganos (dedos, manos, brazos y piernas). El estudio de métodos al simplificar el trabajo lo hace más fastidioso para los obreros diestros, pero a menudo lo pone al alcance de los inexpertos. El aburrimiento se puede combatir colocando a los trabajadores, especialmente a las muchachas jóvenes, en puestos que les permitan conversar con las más próximas mientras trabajan.

**Ejemplo:**

|                                                     |        |
|-----------------------------------------------------|--------|
| Trabajo de ciclo muy breve, alrededor de 5 segundos | 3 a 5% |
| Trabajo de ciclo breve de 5 a 10 segundos           | 1 a 2% |

El suplemento por descanso, expresado en porcentaje del tiempo básico, se debe sumar elemento por elemento de la operación estudiada.

**Método "B" para calcular el suplemento por fatiga**

Cuando se aplica este método se deben considerar tres factores:

- a) Esfuerzo mental
- b) Esfuerzo físico
- c) Monotonía

Los valores son:

a. *Esfuerzo mental.* Puede ser ocasionado por planeamiento de trabajo, cálculos matemáticos mentales para registro o actuación, presión por decisiones rápidas inesperadas, planeación para presentar trabajo, planeación de distribución de tareas de subordinados, etcétera, como señalamos en la tabla 11.14.

Tabla 11.14.

| TIPO    | CONCESIÓN | CLASE |
|---------|-----------|-------|
| Poco    | 0.6%      | A     |
| Regular | 1.8%      | B     |
| Mucho   | 3.0%      | C     |

Tabla 11.15.

| TIPO      | CONCESIÓN | CLASE |
|-----------|-----------|-------|
| Muy poco  | 1.3%      | A     |
| Poco      | 3.6%      | B     |
| Regular   | 5.4%      | C     |
| Mucho     | 7.1%      | D     |
| Demasiado | 9.0%      | E     |

*b. Esfuerzo físico.* Es causado por acumulación de toxinas en los músculos, por lo fatigoso del trabajo típico, el predominante del puesto, por posición incómoda de trabajo, por tensión sostenida muscular, tensión nerviosa, etcétera, como se muestra en la tabla 11.15.

*c. Monotonía.* Es motivada por anonadamiento, aburrimiento, fatiga casi hipnótica por la repetición exactamente igual del ciclo de trabajo, acompañado de ruido, reflejos, luces, etcétera, y se puede señalar como lo marca la tabla 11.16.

Tabla 11.16 Concesión por monotonía

| DURACIÓN DEL CICLO (MIN) | CONCESIÓN (%) |
|--------------------------|---------------|
| 0 - .05                  | 7.8           |
| 0.06 - .25               | 5.4           |
| 0.26 - .50               | 3.6           |
| 0.51 - 1.00              | 2.1           |
| 1 - 4.00                 | 1.5           |
| 4 - 8.00                 | 1.0           |
| 8 - 12.00                | 0.6           |
| 12 - 16.00               | 0.3           |
| Más de 16.00             | 0.1           |

### Método para investigar directamente la fatiga

Si al comenzar el día se observa que el operador hace una tarea en un tiempo neto ( $t$ ), y que trabaja un nivel de actuación cuyo factor es  $F$ , el tiempo valorado ( $N$ ) será:

$$N = F \cdot t$$

en donde:

$N$  = tiempo valorado

$F$  = factor de valoración

$t$  = tiempo neto actual

A medida que transcurre el día, el obrero comenzará a resentir los efectos de la fatiga y el tiempo en que hace una operación tenderá a aumentar, es decir, comenzará a disminuir su esfuerzo. Si se multiplicase el nuevo tiempo por el factor de valoración que se determinó al comenzar el día, la anterior igualdad sería falsa. Con objeto de restituir la igualdad, será necesario deducir al producto del tiempo actual por el factor de valoración el tiempo perdido por el efecto de la fatiga.

$$(F \cdot t) - r = N$$

en donde:

$r$  = tiempo que en cada operación el trabajador retarda su trabajo debido a la fatiga.

El tiempo valorado como necesario para hacer " $N$ " número de piezas ( $n \cdot N$ ), es igual a la suma de los tiempos observados, multiplicados por el factor de valoración original ( $F$ ) menos la suma de los retrasos sufridos en cada operación.

Pero como:

$$(\sum t \cdot F) - \sum r = n \cdot N$$

en donde:

$F$  = constante

$\sum t$  = tiempo total =  $T$

$\sum r$  = retraso total =  $R$

Luego:

$$(F \cdot T) - R = n \cdot N$$

En consecuencia, el retraso total debido a la fatiga es:

$$R = (F \cdot T) - (n \cdot N)$$

Con objeto de obtener un factor de tolerancia, en forma de porcentaje del tiempo trabajado, la igualdad anterior se transforma en:

$$\text{Tolerancia por fatiga} = \frac{R \times 100}{n \times N}$$

Como  $R = (F \cdot T) - n \cdot N$  entonces:

$$\text{Tolerancia por fatiga} = \frac{[(F \times T) - (n \times N)] \times 100}{n \times N}$$

Simplificando la ecuación:

$$\text{Tolerancia por fatiga} = \frac{(F \times T) - 1}{n \times N}$$

en donde:

$F$  = factor de valoración obtenido en el estudio de tiempos.

$T$  = tiempo total de trabajo determinado por medio de un estudio de demoras de cuando menos un día completo.

$n$  = número de piezas fabricadas durante el tiempo total de trabajo.

$N$  = tiempo base determinado durante el estudio de tiempos.

### Suplementos por políticas

Este tipo de suplementos los otorga la dirección de la empresa.

### Ejemplo:

Determinar el tiempo estándar, con base en los siguientes datos numerados en la tabla 11.17:

Tabla 11.17.

| OPERACIÓN | TN (MIN) |
|-----------|----------|
| 1         | 0.80     |
| 2         | 1.36     |
| 3         | 4.26     |
| 4         | 0.35     |
| 5         | 1.20     |

En la tabla 11.18 marcamos:

Los suplementos constantes son de 9%.

Los suplementos variables son:

Para las operaciones 1 y 3, 10%.

Para las operaciones 2 y 5, 9%.

Para la operación 4, 11%.

Tabla 11.18.

| OPERACIÓN              | TE (MIN) |
|------------------------|----------|
| 1 (0.80) (1.19) = 0.95 |          |
| 2 (1.36) (1.18) = 1.60 |          |
| 3 (4.26) (1.19) = 5.07 |          |
| 4 (0.35) (1.20) = 0.42 |          |
| 5 (1.20) (1.18) = 1.42 |          |

### Suplementos concedidos por saturación del elemento automático

De acuerdo con este criterio se concede al operador el tiempo necesario máximo que puede esperar a que la máquina termine automáticamente su trabajo, es decir, cuando realice el trabajo interior  $C_2$  (a máquina en marcha) con la máxima actividad.

Si  $C_2$  es el tiempo manual de la máquina en marcha, el menor tiempo del operador será:

$$T_0 = \frac{C_2}{1.4}$$

Por lo tanto, el tiempo máximo de espera será:

$$Espera = Tm - \frac{C_2}{1.4}$$

La tabla 11.19 muestra los valores de los suplementos  $am$  concedidos por la saturación del elemento automático, en función de la saturación  $C_2/Tm$ .

Para facilitar los cálculos, se ha determinado el valor de  $Cm = C_2 + Tm - T_0$ , por medio del producto  $Tm \cdot am = Cm$ , y deduciéndose el valor  $am$ . De acuerdo con la tabla 11.19, los valores  $am$  dependen de la saturación del elemento máquina  $C_2/Tm$ .

La máxima prima que puede obtener el operador es cuando  $C_2 = 1.4$  de  $Tm$ , en cuyo caso el tiempo máximo de espera será:

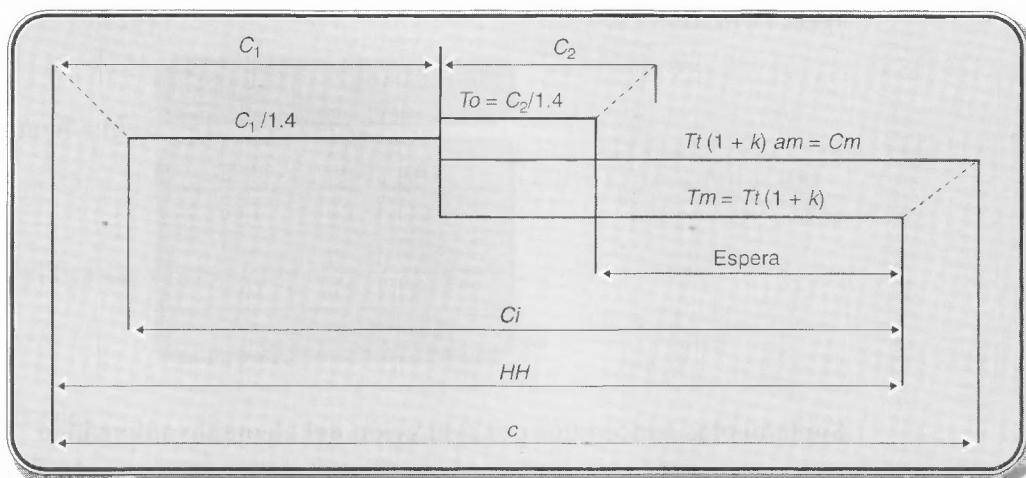
$$Tm - \frac{C_2}{1.4} = Tm - \frac{1.4 Tm}{1.4} = 0$$

Es decir, cuando la espera sea cero, o sea, cuando el operador está saturado al máximo. Si representamos gráficamente los elementos veremos que el trabajo del operador ha pasado en este caso a ser libre (figura 11.21).

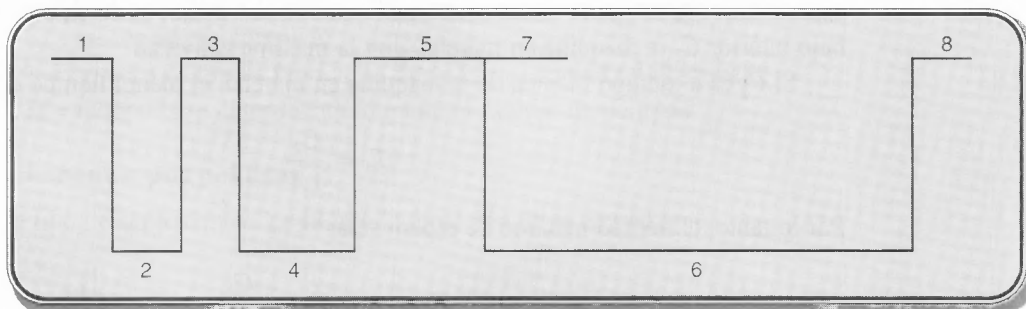
Tabla 11.19.

|          |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $C_2/Tm$ | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1   | 1   | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 |
| $am$     | 1 | 1   | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |

**Figura 11.21**  
Representación de los tiempos exteriores ( $C_1$ ) e interiores ( $C_2$ ) del operador y del tiempo máquina ( $T_m$ ).



**Figura 11.22**  
Diagrama real de un ciclo de trabajo de máquinas con varias pasadas de tiempo creciente (2, 4, 6).



### Suplementos concedidos por la duración del elemento automático

Los ciclos de trabajo de la máquina herramienta con pasadas de desbaste y de afinado pueden representarse cronológicamente según el diagrama de la figura 11.22.

En estos ciclos, el operador no puede, en los elementos cortos, hacer trabajos interiores (a máquina en marcha), porque debe estar pendiente del movimiento de la máquina, aunque trabaje automáticamente.

Para estimular el trabajo de estos operadores, se les concede un suplemento porcentual con respecto al tiempo técnico ( $T_t$ ), calculado matemáticamente de acuerdo con la duración del elemento máquina, pues el porcentaje crece a medida que disminuye la duración del elemento máquina con automático (figura 11.23).

**Figura 11.23** Tabla de valores de los suplementos concedidos  $am$  por la duración del elemento automático, en función del tiempo  $T_t$ .

| Menores de<br>$T_t - 250$ | Valores de $t_m$ expresados en diezmilésimas de hora |             |               |               |               |               | Mayores de<br>7 000 |
|---------------------------|------------------------------------------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
|                           | 250 - 500                                            | 500 - 1 000 | 1 000 - 1 500 | 1 500 - 3 000 | 3 000 - 5 000 | 5 000 - 7 000 |                     |
| $am - 1.33$               | 1.30                                                 | 1.28        | 1.25          | 1.19          | 1.12          | 1.07          | 1.04                |

En  $am$  están incluidos los valores normales del suplemento  $k$ .

## CONCEPTOS RELACIONADOS CON LOS CICLOS DE TRABAJO

*Elementos de trabajo.* Son cada una de las operaciones que componen el ciclo de trabajo.

*Ciclo de trabajo.* Es un conjunto de operaciones elementales necesarias para realizar determinada tarea.

$C_1$  = tiempo tipo de elemento manual a máquina parada.

$\frac{C_1}{1.4}$  = tiempo mínimo de un elemento  $C_1$  trabajando el operador al máximo.

$C_2$  = tiempo tipo de elemento manual a máquina en marcha.

$\frac{C_2}{1.4}$  = tiempo mínimo de un elemento  $C_2$  trabajando el operador en su nivel óptimo.

$T_t$  = tiempo técnico. Es el tiempo que realmente la máquina invierte en hacer el trabajo y puede calcularse de manera teórica.

$T_m$  = tiempo de máquina. Es el tiempo total que la máquina invierte en hacer su trabajo; se incluye el tiempo que trabaja realmente ( $T_t$ ) y el tiempo de descanso ( $K \cdot T_t$ ), o sea:

$$T_m = T_t + K \cdot T_t = T_t (1 + K)$$

$am$  = factor concedido, que aumenta el tiempo técnico ( $T_t$ ) de máquina para que el operador pueda obtener prima.

$C_m$  = tiempo tipo de elemento de máquina con automático, resultado de incrementar el tiempo de máquina ( $T_m$ ) con los concedidos:

$$C_m = T_m \times am$$

$C_i$  = tiempo de ciclo ideal, suma del tiempo tipo manual a máquina parada, óptimo  $C_1/1.4$  y tiempo tipo del elemento de máquina  $T_m$ , o sea:

$$C_i = \frac{C_1}{1.4} + T_m$$

Si el operador está saturado y trabaja durante el tiempo de máquina en elementos interiores con la actividad óptima, es decir, cuando hacemos  $T_m = C_2/1.4$ , el trabajo deja de ser limitado y se convierte en libre, ya que entonces no interviene el tiempo máquina  $T_m$  en la medición del tiempo tipo del ciclo. En este caso, el valor del ciclo ideal se convierte en:

$$C_i = \frac{C_1}{1.4} + \frac{C_2}{1.4} = \frac{C_1 + C_2}{1.4}$$

$C$  = tiempo total del ciclo, incluyendo los concedidos:

$$C = C_1 + C_m = C_1 + T_m \cdot am$$

Si el operador está saturado con elementos interiores ( $C_2$ ) será:

$$C_m = C_2 \text{ y entonces}$$



$H H$  = duración real del ciclo cuando el operador trabaja con una actividad normal.

$$H H = C_1 + Tm$$

$\frac{H \times H}{C_i}$  = rendimiento real óptimo. Es el que verdaderamente ha obtenido el operador por existir trabajos limitados.

$\frac{C}{C_1}$  = rendimiento de pago óptimo. Es el que se obtiene cuando se dan concedidos a los elementos máquina, con objeto de que el operador obtenga primas.

### Ejemplo:

Supongamos un ciclo de trabajo de la figura 11.21, compuesto por los siguientes elementos: manuales y de máquina automática en diezmilésimas de hora.

|                      |             |                       |
|----------------------|-------------|-----------------------|
| 1o. elemento manual  | $C_1 = 50$  | (a máquina parada)    |
| 2o. elemento máquina | $Tt = 20$   |                       |
| 3o. elemento manual  | $C_1 = 20$  | (a máquina parada)    |
| 4o. elemento máquina | $Tt = 120$  |                       |
| 5o. elemento manual  | $C_1 = 225$ | (a máquina parada)    |
| 6o. elemento máquina | $Tt = 740$  |                       |
| 7o. elemento manual  | $C_2 = 98$  | (a máquina en marcha) |
| 8o. elemento manual  | $C_1 = 125$ |                       |

Suponiendo que el coeficiente  $K$  para el cálculo del tiempo suplementario incluye las necesidades personales  $k = 15\%$ , vamos a calcular el tiempo total del ciclo  $C$  dado al operador, primero con concedidos por saturación del elemento, segundo por duración del elemento automático.

### Cálculo con concedidos por saturación del elemento automático

$$C_1 = 50 + 20 + 225 + 125 = 420 \text{ diezmilésimas de hora.}$$

$$C_2 = 98 \text{ diezmilésimas de hora.}$$

$$Tt = 20 + 120 + 740 = 880 \text{ diezmilésimas de hora}$$

$$Tm = Tt (1 + K) = 880 \times 1.15 = 1\,012$$

$$\text{Como: } \frac{C_2}{Tm} = \frac{98}{1\,012} = 0.096 \pm 0.1 \text{ en la figura 2.21 se halla } am = 1.04$$

$$Cm = Tm \cdot am = 1\,012 \times 1.04 = 1\,052.5$$

$$C = C_1 + Cm = 420 + 1\,052.5 = 1\,472.5 \text{ diezmilésimas de hora.}$$

### Cálculo con concedidos por duración del elemento automático

Según la tabla que se muestra en la figura 11.22, *am* tiene los siguientes valores.

| <i>Tt</i> | <i>am</i> | <i>cm</i> (DIESMILÉSIMAS DE HORA) |
|-----------|-----------|-----------------------------------|
| 20        | 1.33      | 20 × 1.33 = 26.6                  |
| 120       | 1.33      | 120 × 1.33 = 159.6                |
| 740       | 1.28      | 740 × 1.28 = 947.2                |

Luego  $C = C_1 + C_m = 420 + 1133.4 = 1553.4$  diezmilésimas de hora.

*Elección de la solución más adecuada.* Como con el cálculo de concedidos por duración del elemento automático se obtiene un tiempo superior que con el de concedidos por saturación, se elige esta solución (la segunda), por ser la más favorable para el operador.

Los demás tiempos y rendimientos se deben calcular así:

Tiempo del ciclo real con trabajos limitados

$$HH = C_1 + T_m = 420 + 1012 = 1432 \text{ diezmilésimas de hora.}$$

Tiempo de ciclo ideal:

$$Ci = \frac{C_1}{1.4} + T_m = \frac{420}{1.4} + 1012 = 1312 \text{ diezmilésimas de hora.}$$

Rendimiento real óptimo:

$$\frac{H \times H}{Ci} = \frac{1432}{1312} = 1.09$$

Rendimiento óptimo de pago:

$$\frac{C}{Ci} = \frac{1553.4}{1312} = 1.184$$

Lo que significa que al operador se le pagará un premio de 18% por manejar máquinas automáticas.

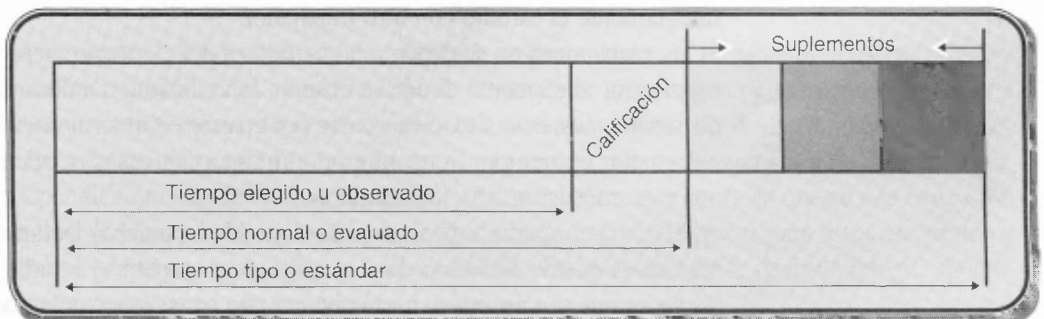


Figura 11.24  
Descomposición  
del ciclo de  
trabajo.

## TIEMPO TIPO O ESTÁNDAR

El **tiempo tipo** o estándar es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos. A estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos siguientes: personales, por fatiga y especiales. La figura 11.24 nos indica qué es el tiempo tipo.

La obtención de este resultado final se explica a continuación.

### *Cálculo del tiempo tipo o estándar*

Una vez que se han terminado de realizar los pasos siguientes:

1. Obtener y registrar información de la operación.
2. Descomponer la tarea y registrar sus elementos.
3. Tomar las lecturas.
4. Nivelar el ritmo de trabajo.
5. Calcular los suplementos del estudio de tiempos.

Se procede a calcular el estudio de tiempos y se obtiene el tiempo estándar de la operación como sigue:

- I. Se analiza la consistencia de cada elemento. Las medidas a tomar pueden ser las siguientes:
  - a) Si las variaciones se deben a la naturaleza del elemento se conservan todas las lecturas.
  - b) Si las variaciones no se originan por la naturaleza del elemento y la lectura anterior o posterior donde se observa la variación, o ambas son consistentes, la inconsistencia del elemento estudiado se deberá a la falta de habilidad o desconocimiento de la tarea por parte del trabajador. Si un gran número de observaciones son consistentes, se pueden eliminar las observaciones extremas y sólo conservar las normas. Si no es posible distinguir cuáles son extremas y cuáles son normales, debe repetirse íntegramente el estudio con otro trabajador.
  - c) Si las variaciones no se deben a la naturaleza del elemento, pero la lectura anterior o posterior al elemento donde se observa la variación, o ambas, también han sufrido variaciones, esta situación ocurre por errores en el cronometraje cometidos por el tomador de tiempo. Si es mínimo el número de casos extremos, éstos se eliminan y se conservan sólo los normales.

Si por el contrario, este error se ha cometido en muchas lecturas, aunque no todas sean en el mismo elemento, lo más indicado es repetir el estudio de tiempos todas las veces que sea necesario hasta obtener una consistencia adecuada.

- d) Cuando las variaciones sean inexplicables, deben analizarse cuidadosamente antes de eliminarlas. Nunca debe aceptarse una lectura anormal como inexplicable. Si hay dudas, siempre es preferible repetir el estudio.
- II. En cada uno de los elementos se suman las lecturas que han sido consideradas como consistentes.
- III. Se anota el número de lecturas que han sido consideradas para cada elemento.
- IV. Se divide, para cada elemento, la suma de las lecturas entre el número de lecturas consideradas; el resultado es el tiempo promedio por elemento.

$$Te = \frac{\sum Xi}{n}$$

- V. Se multiplica el tiempo "promedio" ( $Te$ ) por el factor de valoración. Esta cifra debe aproximarse hasta el milésimo de minuto, obteniéndose el tiempo base elemental:

$$Tn = Te \text{ (valoración en \%)}$$

- VI. Al tiempo base elemental se le suma la tolerancia por suplementos concedidos, obteniéndose el tiempo normal o concedido por elemento.

$$Tt = Tn (1 + \text{tolerancias})$$

- VII. Se calcula la frecuencia por operación o pieza de cada elemento cíclico y contingente.
- VIII. Se multiplica el tiempo concedido elemental por la frecuencia obtenida del elemento. A este producto se le denomina tiempo total concedido.
- IX. Se suman los tiempos concedidos para cada elemento y se obtiene el tiempo tipo o estándar por operación, pieza, etcétera.
- X. Al efectuar el cálculo del tiempo tipo deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones.
- a) Cómo se asignarán los elementos contingentes.
  - b) Si debe concederse el tiempo de preparación y retiro.
  - c) El factor interferencia cuando se presente en un ciclo de trabajo estudiado.

## Elementos causales o contingentes

### Elementos contingentes que no deben prorratearse (se conceden cada vez)

Los elementos contingentes son aquellos que se presentan generalmente al empezar o al terminar la operación, tales como montaje de la máquina, preparación de la operación, puesta a punto, primeras piezas de prueba, retiro del montaje, devolución de herramientas y plano, etcétera. Estos elementos no deben prorratearse ya que para cada operación serán constantes, independientemente del número de piezas fabricadas. Para concederle al obrero una concesión por tipo de elementos se debe hacer un estudio de tiempos completos para estos elementos y cada vez que se encarga al obrero la ejecución de una operación, se le concede íntegro el tiempo determinado para este concepto.

### Elementos contingentes que deben prorratearse (incluidos en el ciclo)

Son todos los elementos que pueden presentarse durante la ejecución de la operación y que cambian al variar el número de piezas que se fabriquen. Como el tiempo consumido por estos elementos es proporcional al número de piezas producidas, el tiempo total que consuman debe dividirse entre el número de piezas producidas y añadirse al tiempo concedido a cada pieza. Los siguientes casos son ejemplos de la aplicación de estos suplementos:

- a) Durante una operación, las piezas terminadas se ponen en una bandeja. Si el número de piezas acomodadas es constante, el tiempo necesario para quitar la bandeja llena y poner otra vacía, se divide entre el número de piezas que se acomoda. Este tiempo se añade al tiempo necesario del proceso.
- b) En caso de que el número de piezas que se pone en la bandeja varíe. Se procede igual, pero considerando el número promedio de piezas contenidas en la bandeja.
- c) El tiempo necesario para que el mismo operador cambie alguna herramienta que se desgasta proporcionalmente a la producción, se divide entre el número promedio de piezas que produce. Este tiempo se añade al tiempo nivelado de toda la pieza.

## PREPARACIÓN, PUESTA A PUNTO Y RETIRO

Con objeto de determinar el tiempo que debe concederse por tarea, es indispensable anotar en la hoja de estudio de tiempos, el tiempo concedido para la preparación de la operación, la puesta a punto de las máquinas, herramientas, etcétera, y el retiro de los materiales, la entrega de los mismos, de las herramientas, planes, instrucciones, etcétera.

Estos tiempos deben haber sido determinados por medio de los estudios respectivos. Aunque es de suponer que han sido analizados durante el estudio en que se determinó su tiempo, es necesario analizarlos de nuevo antes de anotarlos junto con el tiempo tipo, para asegurarse de que no se ha omitido ningún tiempo o de que no incluyen ningún otro que haya sido considerado en el tiempo tipo.

Para hacer este análisis, es necesario tener en cuenta las siguientes cuestiones:

1. No debe incluirse ningún tiempo que haya sido considerado en el estudio de tiempos de la operación o que haya sido incluido en las concesiones, o que haya sido considerado como elemento contingente.
2. Entre los elementos productivos no cíclicos no deben estar incluidas las actividades que sólo suceden durante la preparación, puesta a punto o retiro. Por ejemplo: si el elemento "recoger rebabas" sólo ocurre al hacer el retiro, debe estar incluido en el tiempo de retirar y no entre los elementos productivos no cíclicos.
3. En las tareas no repetitivas se considera que debe incluirse completo el tiempo de una preparación, puesta a punto y retiro sólo en el caso de que las operaciones anteriores y siguientes no empleen ninguno de los dispositivos utilizados en el estudio.
4. En las tareas no repetitivas, en los casos en que se aproveche parte de la preparación anterior, o que la operación posterior emplee parte de la preparación de la operación estudiada, se considera que debe concederse sólo parte del tiempo de preparación, puesta a

punto y retiro. Ésta es la situación que se emplea en la preparación de las operaciones anterior y posterior.

5. Se debe prorratar un elemento o toda la preparación, puesta a punto o retiro, en los casos en que una preparación se emplee para varias operaciones. Para poder proceder así es necesario conocer perfectamente el efecto que tiene este elemento o el conjunto en cada una de las operaciones entre las que se prorratea.
6. En el tiempo de puesta a punto debe quedar incluido el tiempo que se pierde en las primeras piezas, debido a que el trabajador necesita ambientarse, comprobar varias veces las piezas y alcanzar su ritmo normal. La experiencia ha demostrado que en las primeras piezas el tiempo empleado puede ser desde 105 hasta 200% mayor que en las piezas restantes. Para determinar este tiempo se procede en la forma siguiente:
  - a) Se determina el número de piezas que se producen antes de alcanzar el tiempo normal de ejecución. Este número varía de acuerdo con la complejidad de la operación.
  - b) Se determina por el porcentaje de tiempo extra que se requiere para alcanzar el ritmo, el cual se convierte en tiempo, y se añade al tiempo de puesta a punto. Al ser instalado, el tiempo estándar deberá garantizarse como permanente siempre y cuando permanezcan inalterables el método, los materiales, el equipo y las condiciones de trabajo.

### *Aplicación del tiempo estándar en diferentes problemas*

#### *Ejemplo 1:*

Calcular el número de piezas por hora y la cantidad de piezas a producir en 8 horas de trabajo en la operación de taladrar. Se cuenta con los datos, en centésimas de minuto, según la tabla 11.20.

Durante el estudio se encontró que el operador es mujer y que tiene la siguiente calificación:

|               |       |
|---------------|-------|
| Habilidad:    | Media |
| Esfuerzo:     | Medio |
| Consistencia: | Mala  |
| Condiciones:  | Malas |

Tabla 11.20.

| ELEMENTO/CICLO            | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | TOTAL | PROM. |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| Toma pieza                | 57  | 57  | 58  | 60  | 62  | 57  | 58  | 60  | 57  | 58  | 584   | 58.4  |
| Coloca y aprieta mordazas | 110 | 108 | 110 | 105 | 108 | 110 | 109 | 108 | 110 | 108 | 1086  | 109   |
| Taladra                   | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 2000  | 200   |
| Afloja mordazas           | 108 | 110 | 108 | 109 | 110 | 108 | 105 | 110 | 108 | 110 | 1086  | 109   |
| Suelta                    | 58  | 57  | 60  | 58  | 57  | 62  | 60  | 58  | 57  | 57  | 584   | 58.4  |

La operadora trabaja de pie, con iluminación bastante por debajo de la apropiada, y existe ruido intermitente y fuerte en el área de trabajo.

### Solución

Calculamos el tiempo elegido mediante la aplicación de la fórmula antes vista:

$$Te = 58.4 + 108.6 + 200 + 108.6 + 58.4$$

Datos obtenidos de la tabla anterior en centésimas de minuto.

$$Te = 534 \text{ centésimas de minuto}$$

Se procede a calificar según la tabla Westinghouse:

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| Habilidad media   | 0.00         |
| Esfuerzo medio    | 0.00         |
| Condiciones malas | -0.05        |
| Consistencia mala | <u>-0.05</u> |
| <b>Total</b>      | -0.10        |

La cantidad antes obtenida de la calificación se suma o se resta a 100%, dependiendo del signo que tengamos. (Para este ejemplo se restará en virtud de que salió negativo.)

Por lo tanto, la calificación de esta operación es de 90%.

Aplicamos la fórmula del tiempo normal y lo calculamos:

$$Tn = Te \text{ (valoración en \%)}$$

$$Tn = 534 (0.90) = 480.6 \text{ centésimas de minuto.}$$

A continuación procedemos a calcular los suplementos que se conceden por esta operación:

Utilizando la tabla de suplementos de la figura 11.19, se procede a calcular:

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Mujer              | 11%       |
| Trabaja de pie     | 4%        |
| Iluminación mala   | 2%        |
| Ruido intermitente | <u>2%</u> |
| <b>Total</b>       | 19%       |

Aplicamos la fórmula del tiempo estándar:

$$Tt = Tn (1 + \text{tolerancias})$$

$$Tt = 480.6 (1.19)$$

$$Tt = 571.914 \text{ centésimas de minuto}$$

Convirtiendo en minutos se divide entre 100 (por ser centésimas), y obtenemos:

$$Tt = 5.71914 \text{ minutos}$$





Las gráficas de la figura 11.25 muestran el comportamiento de los tiempos tomados al operador. Se muestran lecturas que pertenecen a elementos extraños (A1, A2) y elementos fuera de control, ya sea por lecturas mal tomadas por el analista de tiempos o elementos extraños del proceso. Por ejemplo, caída de herramientas, secarse las manos, etcétera.

El elemento extraño A1, se calcula restándole al total del elemento el promedio de los elementos de la columna. Para nuestro caso de la columna 2 sería:

- a) Comportamiento de lecturas del elemento 1.
- b) Comportamiento de lecturas del elemento 2.

$$36 - 7 = 29$$

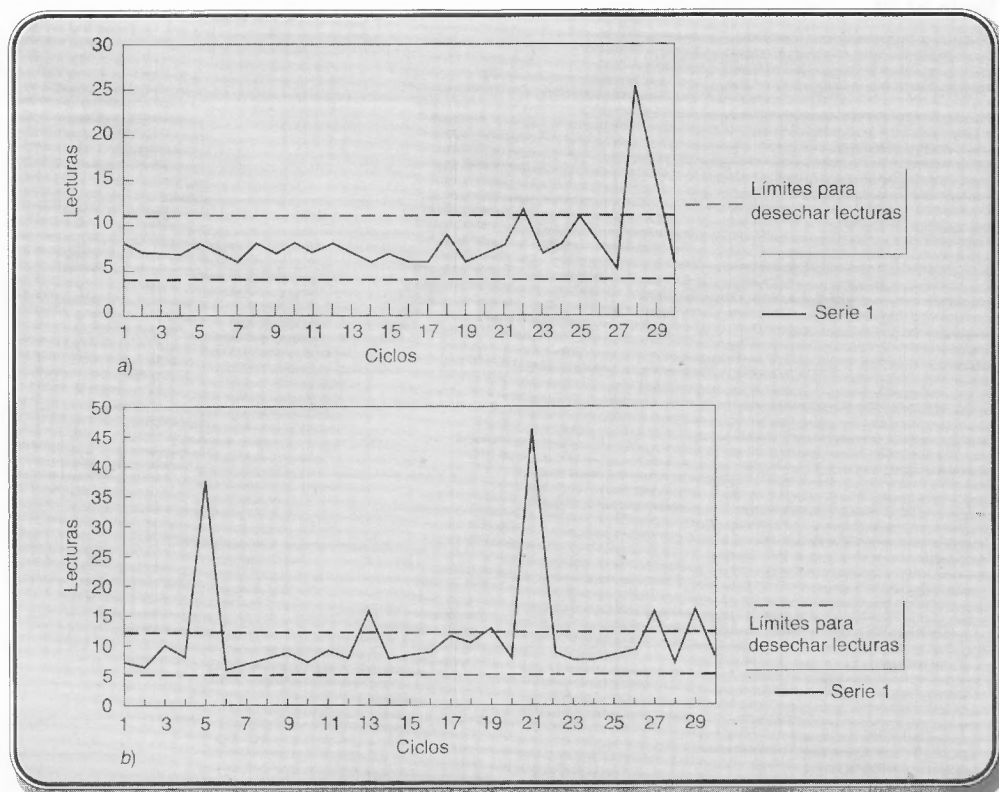
El elemento extraño A2, de la última columna, se calcula de la misma manera:

$$46 - 7.4 = 38.6$$

Sumamos el elemento extraño A1 y A2 y se divide entre el número de ciclos a estudiar, que en este caso son 26 debido a que 4 ciclos fueron eliminados por estar fuera de rango o por tener lecturas demasiado altas.

$$A1 + A2 = 29 + 38.6 = 67.6/26 = 2.6$$

Este número forma parte del proceso, ya que dicho elemento se utiliza para empacar en caja 10 piezas, por lo que habrá que dividir el tiempo anterior entre el número de piezas para obtener el tiempo de empaque por pieza y se le suma a los elementos 1 y 2.



**Figura 11.25**

- a) Comportamiento de las lecturas del elemento 1.
- b) Comportamiento de las lecturas del elemento 2.

Para obtener el promedio del elemento 1 que es pulir, sumamos los promedios obtenidos de los tiempos estándar obtenidos en las columnas 1, 3 y 5 lo dividimos entre 3.

El elemento 2, que es abrillantar, se calcula igual que el anterior.

Elemento 1 = columna  $(1 + 3 + 5)/3 = 9.3$  centésimas de minuto

Elemento 2 = columna  $(2 + 4 + 6)/3 = 9.8$  centésimas de minuto

Luego sumamos ambos elementos, agregándoles el elemento extraño, y obtendremos el tiempo estándar del proceso.

$$T_s = 9.3 + 9.8 + 0.26 = 19.38 \text{ centésimas de minuto}$$

Convirtiendo el tiempo anterior en minutos,

$$T_s = 0.195 \text{ minutos}$$

que es el tiempo que se tarda en trabajar una pieza.

Para saber el tiempo que tarda el trabajador en fabricar las 10 000 piezas, basta con sacar las piezas por hora y luego determinar el número de horas que se requieren para cubrir el pedido.

1 pieza \_\_\_\_\_ 0.195 minutos

X piezas \_\_\_\_\_ 60 minutos

$X = 308$  piezas por hora

308 piezas \_\_\_\_\_ 1 hora

10 000 \_\_\_\_\_ X horas

$X = 32.5$  horas

Nota: La calificación se procedió a calcular de acuerdo con el criterio de la Westinghouse, y se le suma o se le resta a 100% dependiendo de los valores obtenidos según las condiciones del proceso.

El suplemento se calcula considerando el tipo de operador y las condiciones en las que se trabaja y se le suma a 100%.

### Problema 1

Cuántos ensambles podrán realizar en un día de trabajo una mujer, si se tienen los datos en centésimas de minuto, indicados en la tabla 11.22.

Durante el estudio se encontró lo siguiente:

|               |           |
|---------------|-----------|
| Habilidad:    | Excelente |
| Esfuerzo:     | Bueno     |
| Condiciones:  | Buenas    |
| Consistencia: | Media     |

La operadora trabaja de pie, con ruido intermitente y fuerte.

Tabla 11.22.

| DESCRIPCIÓN                                                     | CICLOS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                 | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Doblar extremos (sujetar engrapadora)                           | 0.07   | 0.61 | 1.14 | 1.67 | 2.24 | 2.78 | 3.33 | 3.88 | 4.47 | 5.09 |
| Engrapado 5 veces (dejar engrapadora)                           | 0.23   | 0.75 | 1.28 | 1.82 | 2.4  | 2.94 | 3.47 | 4.05 | 4.61 | 5.24 |
| Doblar el alambre e insertarlo (dejar pinzas)                   | 0.45   | 1    | 1.5  | 2.07 | 2.63 | 3.17 | 3.68 | 4.31 | 4.86 | 5.48 |
| Deshacerse de la gráfica terminada<br>(tocar la siguiente hoja) | 0.54   | 1.09 | 1.6  | 2.15 | 2.72 | 3.28 | 3.8  | 4.39 | 5.03 | 5.56 |

## BIBLIOGRAFÍA

- Barnes, M. Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed. Madrid, 1961.
- Krick, E. V., *Ingeniería de métodos*, Limusa, México, 1977.
- Lasheras, E. José Ma., *Tecnología de la organización industrial*, Cedel, vols. I y II, 3a. ed., México, 1969.
- Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial; métodos, tiempos y movimientos*, Alfa Omega, México, 1990.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio de trabajo*, 3a. ed. Ginebra, Suiza, 1977.

Vive cada día al máximo. Obtén lo más de cada hora, cada día y cada edad de tu vida. Entonces podrás ver hacia adelante con confianza y hacia atrás sin remordimientos.

Sé tú mismo, pero lo mejor de ti. Atrévete a ser diferente y sigue tu propia estrella.

Olvida lo que has hecho por tus amigos y recuerda lo que ellos han hecho por ti. No tomes en cuenta lo que el mundo te debe y concéntrate en lo que le debes al mundo.

Proverbio popular

### OBJETIVOS

- Enunciar los objetivos de la aplicación del muestreo en el análisis del trabajo.
- Señalar de qué depende la exactitud de los datos derivados del muestreo.
- Determinar el número de observaciones totales necesarias para estar dentro de ciertos límites de confianza.
- Determinar horas de observación al azar.
- Obtener el tiempo estándar a partir de los datos del muestreo.

Tomar una sabia decisión sobre qué técnica de medición del trabajo utilizar, en una situación determinada, implica tener un bien fundamentado conocimiento teórico-práctico de las técnicas de obtención del tiempo estándar.

## QUÉ ES EL MUESTREO DE TRABAJO

El muestreo de trabajo como técnica de la Ingeniería de métodos puede aplicarse con éxito para resolver una gran variedad de problemas de todas las clases sobre actividades relacionadas

con grupos de personas o equipos. Este método puede utilizarse para estudiar la circulación de materiales, naturaleza, causa y magnitud de las interferencias respecto de las realizaciones eficaces; la distribución de deberes de un grupo de personas, de tal manera que la carga de trabajo esté equilibrada y todas puedan trabajar sin interrupciones. En estos casos, la utilización eficiente de tiempo o equipo evita un gran número de problemas similares. Puede emplearse con provecho en la industria, instituciones públicas, transportes, etcétera; en una palabra, en cualquier sitio donde sea útil disponer de datos precisos para analizar problemas y encontrar soluciones.

El muestreo de trabajo es un arma eficaz en todas las formas de empresa. Gracias a su desarrollo, la dirección puede controlar mejor las actividades y obtener beneficios debido al mejor aprovechamiento del tiempo.

Se puede definir al **muestreo de trabajo** como la técnica para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de la actividad de hombres, máquinas o cualquier condición observable de operación.

La técnica del muestreo de trabajo consiste en la cuantificación proporcional de un gran número de observaciones tomadas al azar, en las cuales se anota la condición que presente la operación, clasificada en categorías definidas según el objetivo del estudio.

El muestreo de trabajo tiene ciertas ventajas para adquirir datos sobre el procedimiento convencional del estudio de tiempos.

Esta técnica ofrece algunas ventajas sobre los otros métodos, a saber:

1. No requiere observación continua de un analista en un largo periodo.
2. Disminuye el tiempo manual.
3. Generalmente, el número empleado total de horas-hombre es mucho menor.
4. El operador no está sujeto a largos periodos de observaciones medidas con cronómetro.
5. Un solo analista puede estudiar fácilmente operaciones de grupo.

Sin embargo, también presenta algunas desventajas:

1. Generalmente no es económico para estudiar una sola operación hombre o máquina.
2. En general no es económico para determinar tiempos tipo de operaciones repetitivas con ciclos muy cortos.
3. No suministra una información tan detallada sobre los elementos que forman una operación como hace la técnica del cronómetro.
4. No proporciona un registro detallado del método empleado.
5. Es más difícil explicarlo a la gerencia y a los trabajadores.

Esta técnica tiene diversas aplicaciones, pero, en general, se usa para determinar:

1. El tiempo ocupado por una persona en cualquier actividad o tarea.
2. El tiempo productivo y el tiempo improductivo de personas, máquinas u operaciones.
3. La magnitud de los tiempos perdidos y las causas que los produjeron.
4. Los rendimientos personales del grupo.

5. El tiempo efectivo de uso del equipo.
6. El tiempo de preparación y retiro de las herramientas, así como la puesta en marcha.
7. El tiempo improductivo del equipo y las causas que lo motivaron.
8. El número de personas y máquinas necesarias para efectuar una tarea.
9. Los tiempos tipo de operaciones no repetitivas.
10. Los pagos de salarios, especialmente los de mano de obra indirecta y de oficina.

Concretamente, el muestreo del trabajo consiste en estimar la proporción del tiempo dedicado a un tipo de actividad dada durante un cierto tiempo, empleando para ello observaciones instantáneas, intermitentes y espaciadas al azar.

## METODOLOGÍA DEL MUESTREO DEL TRABAJO

### 1. Pasos preliminares:

- a) Definición de los objetivos, incluyendo especificación de las categorías de actividad por observar.
- b) Diseño del procedimiento de muestreo, lo que implica:
  - Estimación del número satisfactorio de observaciones que deben hacerse.
  - Selección de la longitud del trabajo.
  - Determinación de los detalles del procedimiento de muestreo, tales como programación de las observaciones, método exacto de observaciones, diseño de la hoja de observaciones y rutas a seguir.
2. Recopilación de datos mediante la ejecución de un plan de muestreo previamente diseñado.
3. Procesamiento de cálculos.
4. Presentación de resultados.

### *Técnicas del muestreo por atributos*

Si se presentan gráficamente los valores de las muestras y su frecuencia, se obtiene una curva en forma de campana, de cuyo estudio deducimos la curva del universo.

Esa curva, que se denomina campana de Gauss, está definida por dos parámetros:

- a) El de la abscisa correspondiente a la ordenada media, que marca el valor medio de la medición.
- b) La desviación típica, que se obtiene por cálculo, y que es el valor representativo de la dispersión.

La desviación típica en el muestreo por atributos se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}$$

en donde:

$$p = \frac{m}{n}$$

$m = \text{Número total de actividades indeseables}$   
 $n = \text{Número total de actividades controladas}$

$N = \text{Número de observaciones totales del muestreo}$

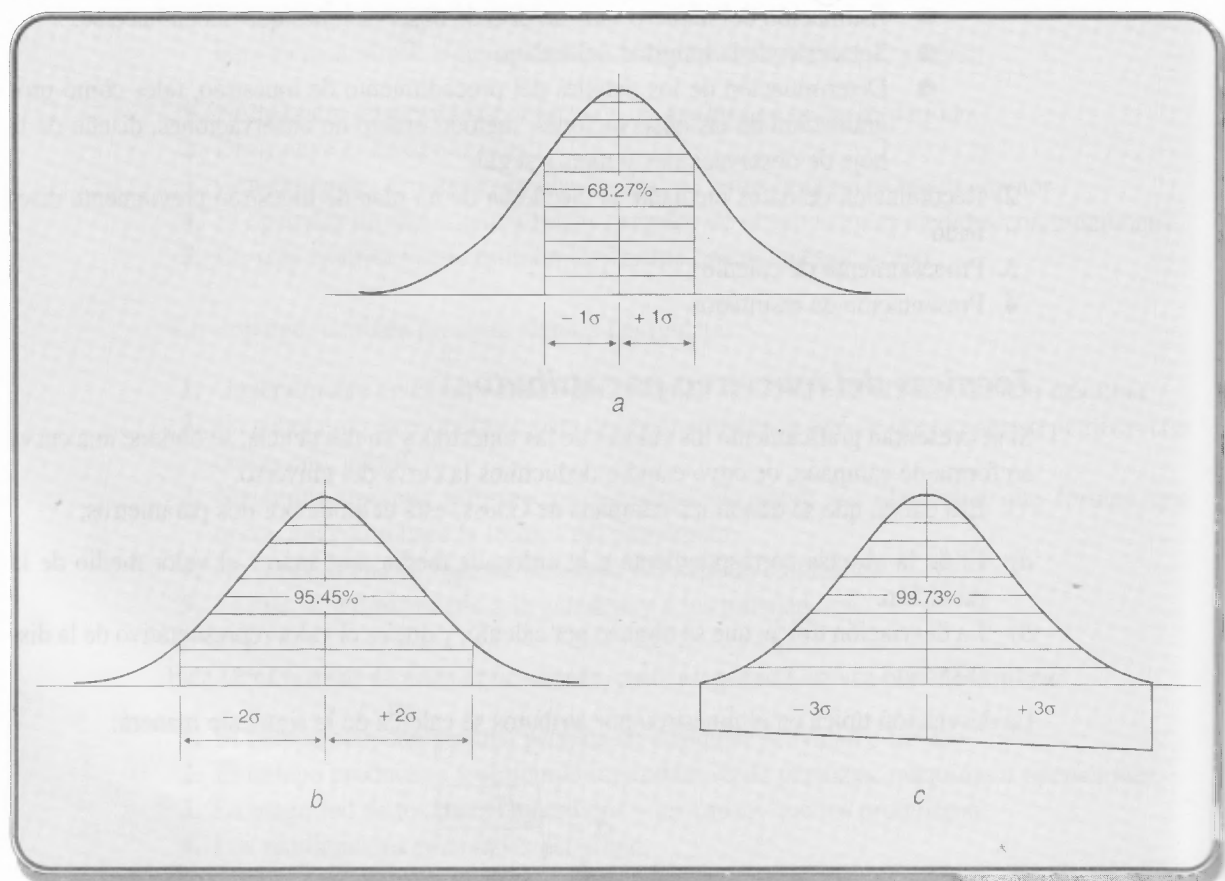
En la curva de Gauss, el área comprendida entre la curva y el eje de las abscisas representa el universo o población, es decir, la totalidad de las actividades que se trata de controlar.

El área comprendida entre la curva y dos coordenadas correspondientes a las abscisas trazadas por  $\pm \sigma$  bajo la curva que se toma como unidad representa 68% de la población (figura 12.1a).

El área comprendida entre la curva y dos ordenadas correspondientes a las abscisas trazadas por  $\pm 2 \sigma$  a partir de la ordenada media, representan 95.45% de la población (figura 12.1b).

Por fin, si las ordenadas se trazan por las abscisas correspondientes a  $\pm 3 \sigma$ , el área representa 99.7% de la población (figura 12.1c).

Figura 12.1.



## ***Determinación del número de observaciones para realizar un estudio de muestreo de trabajo***

Para determinar el número total de observaciones necesarias, con objeto de tener la exactitud y la tolerancia deseadas, se siguen estos pasos:

1. Hacer un cálculo aproximado del porcentaje que representa un elemento cualquiera con relación al total de actividades:

$$p = \frac{\text{Actividades de mayor interés}}{\text{Número total de actividades}}$$

2. Determinar los límites aceptables de tolerancia, es decir, decidir qué aproximación se desea tener en los resultados en relación con los valores reales. Una tolerancia aceptable es de  $\pm 5\%$ , pero en cada caso particular se debe decidir lo que se desea y recordar que al disminuir este valor, se incrementa el número necesario de observaciones.
3. Determinar la exactitud o certidumbre y nivel de confianza que se desean. Por exactitud se entiende el número de veces que se tendrá la seguridad de que el resultado obtenido esté dentro de los límites de tolerancia fijados. A cada exactitud o incertidumbre corresponde un nivel de confianza; los más usuales son los consignados en la tabla 12.1.
4. Una vez determinados los puntos anteriores se aplican las siguientes fórmulas:

$$\sigma p = \frac{T}{N_c}$$

$$\sigma p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}$$

$$N = \frac{z^2(1-p)}{s^2(p)}$$

**Tabla 12.1.**

| CERTIDUMBRE | NIVEL DE CONFIANZA |
|-------------|--------------------|
| 0.00%       | 0                  |
| 38.29       | 0.50               |
| 50          | 0.67               |
| 68.27       | 1.00               |
| 75          | 1.15               |
| 86.64       | 1.50               |
| 95.45       | 2.00               |
| 98.76       | 2.50               |
| 99.73       | 3.00               |
| 99.95       | 3.50               |
| 99.994      | 4.00               |
| 99.9993     | 4.50               |
| 99.99994    | 5.00               |
| 100         | $\infty$           |



en donde:

$\sigma_p$  = error tipo del por ciento.

$T$  = límite de tolerancia aceptable expresado como decimal.

$P$  = probabilidad de la presencia de elemento o proporción de la actividad de interés expresada como decimal.

$N_c = Z$  = nivel de confianza.

$N$  = número de observaciones o tamaño de la muestra.

$s$  = precisión deseada.

### Niveles de confianza

Si limitamos las observaciones válidas a las que den valores comprendidos en un porcentaje del área de la curva de Gauss, ese porcentaje representa la probabilidad de que cualquier observación sea válida.

Así, por ejemplo, si el nivel de observaciones válidas es el área comprendida entre la probabilidad de validez para cualquier observación será de 68.27% y la probabilidad de rechazar de 31.73%.

A estos niveles se les denomina niveles de confianza y se acostumbra valorarlos por un factor  $K$  o  $Z$  de la desviación típica; los más utilizados son:

$Z$  o  $K = 1$ , que representa una probabilidad de  $\sigma = 68.27\%$

$Z$  o  $K = 2$ , que representa una probabilidad de  $\sigma = 95.45\%$

$Z$  o  $K = 3$ , que representa una probabilidad de  $\sigma = 99.73\%$

El nivel  $K = 2$  se utiliza en la industria en general, y el  $K = 3$  en la industria farmacéutica y de alimentos.

### Ejemplo:

Se requiere determinar el porcentaje de inactividad de unas máquinas. Supóngase que se desea un nivel de confianza de 95.45% y una precisión de  $\pm 5\%$ .

El primer muestreo nos dio los siguientes resultados:

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| Máquinas activas   | 140       |
| Máquinas inactivas | <u>60</u> |
|                    | 200       |

$$p = \frac{60}{200} = 0.30$$

En este caso  $N$  se puede calcular sabiendo que:

$$Z = 2, s = 0.05 \text{ y } P = 0.30$$

$$N = \frac{(2)^2(1 - 0.30)}{(0.05)^2(0.30)} = \frac{(4)(0.70)}{(0.0025)(0.30)} = \frac{2.8}{0.00075}$$

$$N = 3\,533$$

Nos faltarían todavía 3 533 lecturas.

Suponiendo que los resultados finales del estudio sean los siguientes:

|                    |       |
|--------------------|-------|
| Máquinas activas   | 2 640 |
| Máquinas inactivas | 1 160 |
|                    | 3 800 |

$$p = \frac{1\,160}{3\,800} = 0.30526$$

Calculamos la precisión del estudio

$$s = \sqrt{\frac{z^2(1-p)}{Np}} = \sqrt{\frac{(2)^2(1-0.30526)}{(3\,800)(0.30526)}}$$

$$s = \pm 0.04896$$

$$s = \pm 4.89\%$$

que es aún menor que la precisión pedida.

### Ejemplo:

En la limpieza de ciertas partes metálicas es necesario el uso de un gas. Se procedió a realizar un estudio de muestreo de trabajo con el propósito de determinar el tiempo que el operador está expuesto al gas.

El estudio se inició analizando los siguientes elementos:

1. Cargar piezas metálicas en ganchos.
2. Meter ganchos a tinas.
3. Esperar tiempo de proceso.
4. Sacar ganchos de tinas.
5. Inspeccionar.

Durante los elementos 1, 2 y 4 los operarios se exponen a los gases, no así durante los elementos 3 y 5.

Se tomaron 80 observaciones diarias y se obtuvieron los siguientes datos que señala la tabla 12.2:

Tabla 12.2.

| ELEMENTO \ DÍA | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|----------------|----|----|----|----|----|
| 1              | 20 | 28 | 15 | 22 | 21 |
| 2              | 16 | 18 | 21 | 17 | 17 |
| 3              | 25 | 22 | 28 | 23 | 25 |
| 4              | 13 | 9  | 4  | 10 | 7  |
| 5              | 6  | 3  | 12 | 8  | 12 |
| Totales        | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |

Tabla 12.3.

| ELEMENTOS | DÍA |
|-----------|-----|
| 1         | 20  |
| 2         | 18  |
| 3         | 28  |
| 4         | 10  |
| 5         | 4   |
| Total     | 80  |

Para una precisión de 8% y un nivel de confianza de 95.45%, determinar:

1. Si el número de observaciones es suficiente.

Número de veces que sí se exponen 236

Numero de veces que no se exponen  $\frac{164}{400}$

$$P = \frac{236}{400} = 0.59$$

$$s = \sqrt{\frac{(2)^2(1 - 0.59)}{(400)(0.59)}}$$

$$s = 0.0833612$$

$$s = 8.33\%$$

que es diferente de 8% pedido. No son suficientes las observaciones.

2. En caso de no ser suficientes, calcular el número de observaciones adicionales.

$$N = \frac{(2)^2(1 - 0.59)}{(480)(0.059)} = 434$$

Es decir, son necesarias 34 observaciones adicionales; como no es posible tomar solamente 34 observaciones efectuamos un día más de observaciones y se encontraron las lecturas reflejadas en la tabla 12.3.

Número de veces que sí se exponen 48

Número de veces que no se exponen  $\frac{32}{80}$

$$p = \frac{(236 + 48)}{(400 + 80)} = 0.59$$

$$s = \sqrt{\frac{(2)^2(1 - 0.59)}{(480)(0.59)}} = 0.0769$$

$$s = 7.6\%$$

Este resultado confirma que el número de observaciones nos da una precisión menor que la pedida.

### Ejemplo:

Se supone que el tiempo muerto de una máquina es de 30%; se desea saber el número de observaciones necesarias para conocer este tiempo con una tolerancia de 5% y una exactitud de 95.45%.

Suponga que después de las primeras 200 observaciones se ha observado 70 veces un tiempo muerto; en estas condiciones, determinar si se ha obtenido la tolerancia fijada y, en caso de que no se haya obtenido, calcular el número de observaciones necesarias.

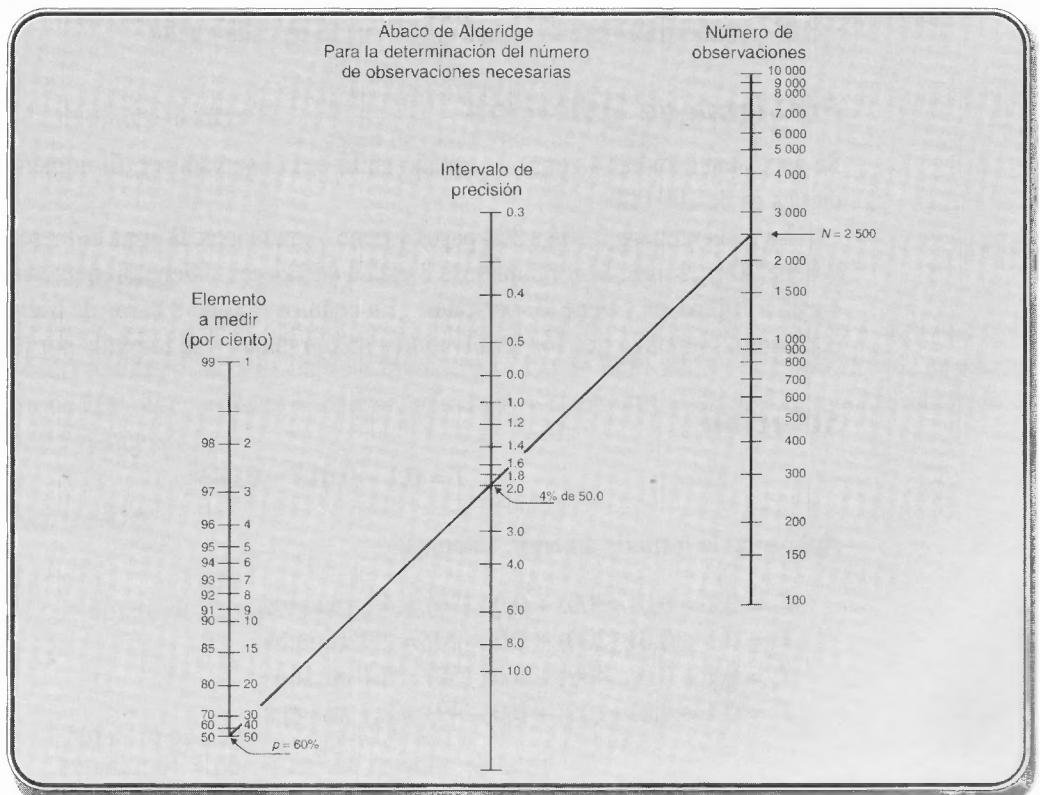
$$\sigma p = \frac{T}{Nc} = \frac{0.05}{2} = 0.025$$

$$N = \frac{p(1-p)}{\sigma p^2} = \frac{(0.30)(1-0.30)}{(0.025)^2}$$

$$N = 336$$

Faltarían por realizar 116 observaciones para estar en la tolerancia y exactitud fijadas.

También puede calcularse el número de observaciones necesarias por medio del ábaco de Alderidge (figura 12.2).



Con el ábaco se procede de la siguiente manera:

1. De acuerdo con los resultados obtenidos en un número de muestras que se juzgue suficiente, se estima el porcentaje medio  $p$ , y se marca en la primera columna del ábaco “Elemento a medir”.
2. En la segunda columna, “Intervalo de precisión”, se marca la tolerancia o precisión, que se calcula multiplicando el error admitido  $e$ , por el porcentaje medio estimado  $p$ , o sea  $e.p$ .
3. Se unen entonces con una recta los puntos anteriores marcados en la primera y segunda columnas, y el punto en que esa recta corte a la tercera columna marcará el número de observaciones necesarias para determinar  $N$ .

### ***Cálculo del número de observaciones por día***

La siguiente fórmula permite calcular el tiempo que se empleará en dar una vuelta de observación:

$$T = 0.1 + 0.01P + 0.04N$$

En donde:

$T$  = tiempo necesario en minutos para dar una vuelta.

$P$  = número de pasos de 60 centímetros que son necesarios para llegar a la zona que se observa.

$N$  = número de observaciones que se harán en cada vuelta.

### ***Problema de aplicación***

Se necesitan estudiar 4 zonas de trabajo entre dos observadores. El número total de observaciones es de 100 000.

La zona número 1 está a 300 pasos y tiene 30 personas, la zona número 2 está a 200 pasos y tiene 20 personas, la zona número 3 está a 400 pasos y tiene 50 personas, la zona número 4 está a 100 pasos y tiene 40 personas. ¿En cuántos días de 8 horas de trabajo se puede hacer el estudio? Suponga que los observadores sólo trabajan 400 minutos por jornada.

### ***Solución***

$$T = 0.1 + 0.01P + 0.04N$$

Aplicando la fórmula anterior, tenemos:

$$T_1 = 0.1 + 0.01(300) + 0.04(30) = 4.3 \text{ minutos}$$

$$T_2 = 0.1 + 0.01(200) + 0.04(20) = 2.9 \text{ minutos}$$

$$T_3 = 0.1 + 0.01(400) + 0.04(50) = 6.1 \text{ minutos}$$

$$T_4 = 0.1 + 0.01(100) + 0.04(40) = 2.7 \text{ minutos}$$

Total de minutos por recorrido = 16 minutos

Como los analistas trabajan 400 minutos por día, será necesario dividir ese tiempo entre el tiempo que tarda una vuelta:

$$\text{Vueltas por día de trabajo} = \frac{400}{16} = 25$$

Se cuenta con 2 analistas, por lo que se harán 50 vueltas por día. Calculemos el total de observaciones por vuelta que es igual a la sumatoria del número de personas que se encuentran en cada zona, que en nuestro caso serían:  $30 + 20 + 50 + 40 = 140$ . A este dato lo multiplicaremos por el número de vueltas al día y obtendremos las observaciones diarias.

$$140(50) = 7\,000 \text{ observaciones por día}$$

Para calcular el número de días que requerimos bastará dividir las 100 000 observaciones necesarias entre las observaciones por día.

$$\text{Número de días necesarios} = \frac{100\,000}{7\,000} = 14.28 \approx 15 \text{ días}$$

Otra manera de determinar el número de días sería aplicando la siguiente fórmula, siempre y cuando se conozcan los tiempos de recorrido.

$$\text{Número de observaciones diarias} = \frac{\text{Minutos de presencia en el taller}}{2 \times \text{Minutos de recorrido}}$$

$$\text{Número de días} = \frac{\text{Número total de observaciones}}{\text{Número de observaciones diarias}}$$

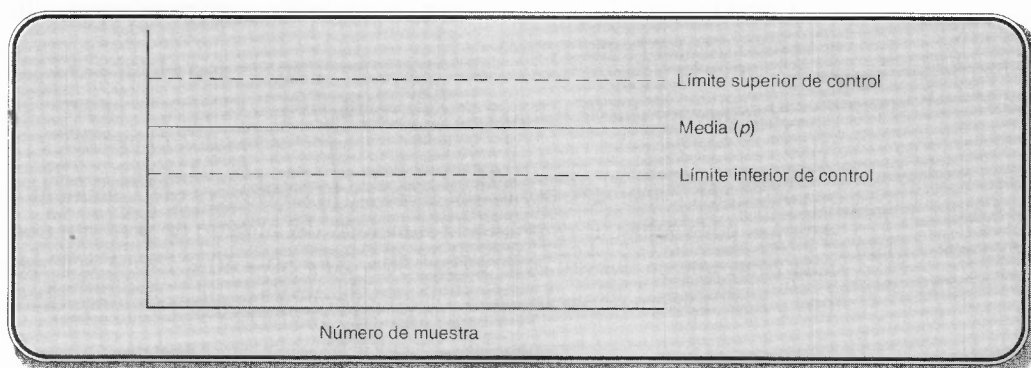
### ***Problemas de aplicación***

Se desea encontrar el número de días que tardará un estudio de muestreo y el número de observaciones diarias de un determinado proceso de lubricación. Suponiendo que se encontraron 200 observaciones a realizar, se trabaja 420 minutos al día y el tiempo de recorrido es de 15 minutos

### ***Solución***

$$\text{Número de observaciones diarias} = \frac{420}{2(15)} = 14$$

$$\text{Número de días} = \frac{200}{14} = 14.285 \approx 15$$



**Figura 12.3**  
Diagrama P.

## DIAGRAMAS DE CONTROL

Los diagramas de control son representaciones gráficas de los resultados obtenidos en el muestreo diario acumulado, en las cuales, además, se marca con dos líneas paralelas el porcentaje medio, y a una distancia de éste, de 3 desviaciones típicas de la muestra ( $3\sigma$ ), los denominados límites de control, superior e inferior (figura 12.3).

Los límites de control indican el mayor valor que pueden tener los resultados del muestreo, pues si alguno de ellos rebasa estas líneas, es indudable que algo anormal ha ocurrido (error, accidente, etcétera), ya que solamente existe 3% de probabilidades de que un punto válido esté fuera de estos límites. Si  $n$  es el número de actividades controladas en cada muestra, y  $p$  el porcentaje medio de actividades indeseables, el valor de los límites de control será:

$$\text{Límite de control} = p + 3\sigma = p \pm 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

### *Ejemplo de aplicación:*

En una compañía se quiere medir el porcentaje de paro de máquinas en el departamento de tornos. Se desea un nivel de confianza de 95.45% y una precisión de  $\pm 5\%$ .

En el primer muestreo se obtuvo:

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Máquinas activas   | 150 |
| Máquinas inactivas | 50  |
|                    | 200 |

$$p = \frac{50}{200} = 0.25$$

Se encuentra el valor de  $N$ :

$$N = \frac{(2)^2(1 - 0.25)}{(0.05)^2(0.25)} = 4\,800 \text{ observaciones}$$

Tabla 12.4.

| OBSERV.<br>SUCESOS | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Activas            | 330   | 317   | 333   | 316   | 330   | 307   | 342   | 339   | 328   | 335   |
| Inactivas          | 150   | 163   | 147   | 164   | 150   | 173   | 138   | 141   | 152   | 145   |
| Total              | 480   | 480   | 480   | 480   | 480   | 480   | 480   | 480   | 480   | 480   |
|                    | 0.313 | 0.340 | 0.306 | 0.342 | 0.313 | 0.360 | 0.288 | 0.294 | 0.317 | 0.302 |

Se pretende realizar el estudio en 10 días, por lo cual se realizarán 480 observaciones diarias como indica la tabla 12.4 (después analice la figura 12.4):

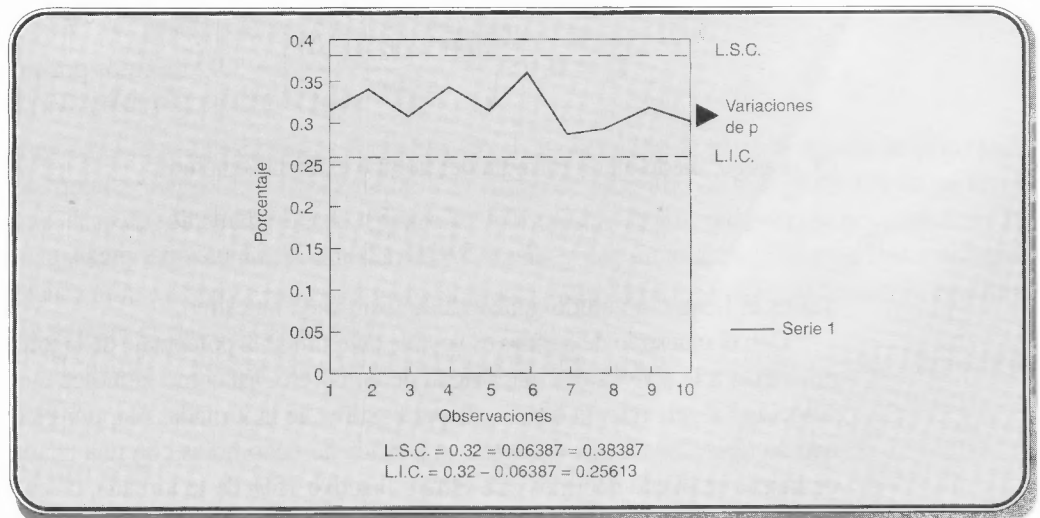
Máquinas activas    3 277  
 Máquinas inactivas    1 523  
                                  4 800

$$\text{Entonces } p = \frac{1\,523}{4\,800} = 0.32$$

$$L.C. = 0.32 \pm 3 \sqrt{\frac{(0.32)(1 - 0.32)}{480}} = 0.32 \pm 0.06387$$

## APLICACIÓN PARA ESTABLECER EL TIEMPO ESTÁNDAR

Es posible utilizar la técnica de muestreo para encontrar los tiempos estándar de la producción. Para ello basta con conocer la probabilidad de la actividad de mayor interés a estudiar.





En consecuencia, debemos aplicar las siguientes fórmulas:

$$P = \frac{\text{Actividad de mayor interés}}{\text{Número total de actividades}}$$

$$T \cdot p = P \frac{T \times F}{P_p}$$

en donde:

- $T$  = tiempo total de operador representado por el estudio.
- $F$  = factor promedio de calificación de la actuación.
- $P_p$  = total de producción en el periodo estudiado.
- $T \cdot p$  = tiempo del elemento.

### **Ejemplo de aplicación:**

Se desea conocer cuál es el tiempo necesario para lubricar un motor mediante el empleo de la técnica de muestreo de trabajo. El estudio duró 60 horas y se recopilaron 1 800 observaciones, 196 referidas a la lubricación. El factor de actuación medio fue de 90% y se le concede 12% de tolerancias.

### **Solución**

- a) En primer lugar se determina el factor de probabilidad:

$$P = \frac{196}{1800} = 0.109$$

- b) Aplicando la fórmula del tiempo,

$$T_p = 0.109 \left( \frac{(60 \times 60)(0.90)}{90} \right) = 3.92 \text{ minutos por pieza}$$

- c) Luego, mediante la fórmula del tiempo estándar tenemos:

$$T_s = T_p (1 + \text{Suplementos})$$

$$T_s = 3.92(1.12) = 4.39 \text{ minutos por pieza,}$$

que es el tiempo obtenido aplicando la técnica de muestreo.

Con el muestreo de trabajo es posible determinar el porcentaje de la jornada laboral correspondiente a la actividad o inactividad de un obrero, así como el índice medio de actuación o velocidad al que trabaja durante la parte activa de la jornada. Así, por ejemplo, supongamos que un operador trabaja durante una jornada de ocho horas con una taladradora. Un estudio de muestreo puede decirnos que estuvo inactivo 15% de la jornada, o sea 72 minutos, y que trabajó el tiempo restante, 408 minutos, con un índice medio de actuación de 110%.

Si la ficha de producción muestra que trabajó 420 piezas de calidad aceptable durante la jornada y se concede 15.5 de tolerancia, el tiempo estándar podrá ser calculado de la siguiente manera:

$$T_p = \left( \frac{(T. \text{ total})(T. \text{ trabajo})(\text{Índice de actuación})}{\text{No. total de piezas producidas}} \right) \left( \frac{(100\%)}{(100\% - \text{tolerancia } \%)} \right)$$

Sustituyendo datos nos queda:

$$T_p = \left( \frac{(480)(0.85)(1.10)}{420} \right) \left( \frac{100\%}{(100\% - 15\%)} \right) \cong 1.26 \text{ minutos}$$

que es el tiempo que se asigna a esta operación.

Otra versión utilizada para establecer estándares de trabajo y que se pueda aplicar en estudios de muestreos que requieren observaciones al azar en lugar de observaciones regulares es utilizando la siguiente fórmula:

$$Tn = \frac{(n)(T)(P)}{(Pa)(N)}$$

$$Ta = Ts = Tn (1 + \text{Suplementos})$$

en donde:

- $Tn$  = tiempo normal del elemento.
- $Ta = Ts$  = tiempo estándar asignado al elemento.
- $P$  = factor de calificación de actuación del operador durante el estudio.
- $Pa$  = producción total en el periodo estudiado.
- $n$  = observaciones totales del elemento en estudio.
- $T$  = tiempo total del operador representado por el estudio.
- $N$  = observaciones totales del estudio.

### ***Ejemplo de aplicación:***

Supóngase que un estándar será establecido en la operación de mantenimiento de lubricación de motores de potencia fraccionaria. Un estudio de muestreo de trabajo de 120 horas reveló que después de 3 600 observaciones la lubricación de los motores mencionados en las máquinas a estudiar había ocurrido en 392 casos y que un total de 180 máquinas emplearon dichos motores sometándose al mantenimiento y que el factor medio de actuación encontrado durante el estudio fue de 90%.

Calcular el tiempo estándar de este tipo de lubricación si concedemos una tolerancia de 15%.

### ***Solución:***

Sustituyendo los datos en la fórmula anterior nos queda:

$$T_n = \frac{(392)(120 \times 60)(0.90)}{(180)(3600)} = 3.92 \text{ minutos}$$

$$T_s = 3.92 (1 + 0.15) = 4.508 \text{ minutos}$$

que es el tiempo que se asignará a esta operación.

## DISEÑO DE LA HOJA DE OBSERVACIONES DEL MUESTREO DE TRABAJO

El analista necesita diseñar una hoja para registrar las observaciones, en la cual deben anotarse los datos recopilados en la realización del estudio de muestreo de trabajo.

No es posible utilizar una forma estándar, puesto que cada estudio es único y la información que se busca es diferente, y la mejor forma de registro es la que se ajusta al objetivo del estudio.

Una de tales formas es la que se presenta en la figura 12.5, la cual fue diseñada para determinar el tiempo que se utiliza en diversos estados productivos y no productivos en un taller de mantenimiento y en la cual se incluirán 20 observaciones al azar durante el día de trabajo.

### Problema

Se hizo un muestreo de trabajo en el equipo de mecanógrafas de una oficina. Los resultados obtenidos son los que aparecen en las figuras 12.6a-d. Utilizando estos datos determine:

1. El número acumulado de observaciones de cada día.
2. El porcentaje del número acumulado de observaciones que representa cada elemento.
3. Suponiendo una jornada de 8 horas. Determine por empleada:
  - a) El tiempo productivo.
  - b) El tiempo de retrasos evitables.
  - c) El tiempo de retrasos inevitables.
  - d) El tiempo de retrasos personales.
  - e) Determine el error probable en cada uno de los tiempos anteriores para cada empleada.
5. Calcule cuántas observaciones más serían necesarias para una tolerancia de 2% en un nivel de confianza con 98.76% de certidumbre.
6. El trabajo de estas empleadas consiste en tomar dictado de cartas del equipo de ingenieros, transcribirlas a máquina y llevarlas a firma.

Durante el tiempo que duró el estudio se hicieron 1 440 cartas.

Indique qué medidas pueden aplicarse para aumentar el rendimiento y cuál es el número de cartas promedio por semana que debe exigírsele a cada mecanógrafa, si se trabajan 44 horas a la semana. Para determinar el tiempo estándar se le concede a las mecanógrafas un suplemento de 15% y durante el estudio se encontró una calificación de 95%.

Figura 12.5 Hoja de observaciones para un estudio de muestreo de trabajo.

### Estudio de muestreo de trabajo

Número de los que trabajan en este estudio \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Notas \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

| Obs. No. | Tiempo aleatorio | Sucesos (u ocurrencias) productivos |           |               |              |           |            |          | Sucesos no productivos |                    |                |             |                  |                 |             | Total de observaciones. | Porcentaje de productividad | Porcentaje no productivo |
|----------|------------------|-------------------------------------|-----------|---------------|--------------|-----------|------------|----------|------------------------|--------------------|----------------|-------------|------------------|-----------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|
|          |                  | Maquinado                           | Soldadura | Ajustar tubos | Obra general | Eléctrico | Carpintero | Consente | Sacar herramientas     | Alzar herramientas | Espera trabajo | Espera grúa | Consulta capataz | No. de personas | Inactividad |                         |                             |                          |
| 1        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 2        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 3        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 4        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 5        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 6        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 7        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 8        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 9        |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 10       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 11       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 12       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 13       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 14       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 15       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 16       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 17       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 18       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 19       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| 20       |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |
| Totales: |                  |                                     |           |               |              |           |            |          |                        |                    |                |             |                  |                 |             |                         |                             |                          |

### Muestreo del trabajo del equipo de taquimecanógrafas efectuado del lunes 7 al jueves 10 de octubre

- |                                |      |                                                                                                            |
|--------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Tomar dictado               | (P)  | ● Tomar dictado, corregir lo escrito, borrar, preguntar, leer lo escrito.                                  |
| 2. Escribir a máquina          | (P)  | ● Preparar el papel: escribir a máquina, borrar, corregir, sacar el papel de máquina.                      |
| 3. Leer                        | (P)  | ● Cualquier documento que no sea de taquigrafía o lo que se está escribiendo a máquina.                    |
| 4. Llevar documentos           | (P)  | ● Caminar con fines de trabajo llevando cualquier documento o cuaderno en la mano.                         |
| 5. Hablar con el jefe          | (P)  | ● Tratar con su superior cualquier asunto relacionado con el trabajo: recibir instrucciones o información. |
| 6. Hablar con compañeras       | (RE) | ● Tratar cualquier asunto con las otras mecanógrafas.                                                      |
| 7. Hablar por teléfono         | (P)  | ● Llamar o ser llamada por teléfono: hablar por teléfono.                                                  |
| 8. Fuera del área de trabajo   | (RE) | ● No fue posible encontrarla mientras se hacía la observación.                                             |
| 9. Actividades personales      | (RP) | ● Ir al baño; tomar agua, sonarse, toser, arreglarse, etcétera.                                            |
| 10. Sin hacer nada             | (RE) | ● Distraída; sin efectuar ninguna labor.                                                                   |
| 11. Esperar órdenes            | (RI) | ● Aguardar que el jefe o el ingeniero se desocupe; durante este tiempo no puede hacer otra cosa.           |
| 12. Buscar material de trabajo | (P)  | ● Sacarlo del escritorio; recoger del almacén o armario.                                                   |
| 13. Varios productivos         | (P)  | ● Cualquier elemento productivo o de preparación no considerados en los puntos anteriores.                 |

*P* = tiempo productivo

*RI* = retrasos inevitables

*RE* = retrasos evitables

*RP* = retrasos personales

### Problema

El analista de una biblioteca de consulta industrial decide emplear la técnica de muestreo de trabajo para establecer estándares. Veinte empleados están asignados a la biblioteca. Las operaciones comprenden:

- Catalogación de libros.
- Descargo de libros.
- Regreso de los libros a su sitio adecuado.
- Registro.
- Empaque para envíos.
- Manejo de correspondencia.

Nombre: Josefina López

Puesto: Taquígrafa-mecanógrafa

Estudio efectuado del lunes 7 al jueves 10 de octubre

Número total de observaciones:

| Concepto             | Porcentaje | Horas |
|----------------------|------------|-------|
| Tiempo productivo    |            |       |
| Retrasos inevitables |            |       |
| Retrasos evitables   |            |       |
| Retrasos personales  |            |       |

| Elementos                     | Día 7 |    |            | Día 8 |    |            | Día 9 |    |            | Día 10 |    |            |
|-------------------------------|-------|----|------------|-------|----|------------|-------|----|------------|--------|----|------------|
|                               | N     | AC | Porcentaje | N     | AC | Porcentaje | N     | AC | Porcentaje | N      | AC | Porcentaje |
| 1 Tomar dictado               | 11    |    |            | 18    |    |            | 20    |    |            | 25     |    |            |
| 2 Escribir a máquina          | 66    |    |            | 51    |    |            | 46    |    |            | 54     |    |            |
| 3 Leer                        | 15    |    |            | 13    |    |            | 19    |    |            | 21     |    |            |
| 4 Llevar documentos           | 9     |    |            | 17    |    |            | 14    |    |            | 13     |    |            |
| 5 Hablar con el jefe          | 16    |    |            | 4     |    |            | 12    |    |            | 9      |    |            |
| 6 Hablar con compañera        | 22    |    |            | 9     |    |            | 16    |    |            | 18     |    |            |
| 7 Hablar por teléfono         | 3     |    |            | 8     |    |            | 5     |    |            | 4      |    |            |
| 8 Fuera del área              | 16    |    |            | 13    |    |            | 12    |    |            | 13     |    |            |
| 9 Actividades personales      | 9     |    |            | 2     |    |            | 7     |    |            | 5      |    |            |
| 10 Sin hacer nada             | 17    |    |            | 12    |    |            | 14    |    |            | 15     |    |            |
| 11 Esperar órdenes            | 13    |    |            | 3     |    |            | 10    |    |            | 4      |    |            |
| 12 Buscar material de trabajo | 2     |    |            | 7     |    |            | 5     |    |            | 4      |    |            |
| 13 Varios productivos         | 4     |    |            | 6     |    |            | 6     |    |            | 3      |    |            |
| Total                         |       |    |            |       |    |            |       |    |            |        |    |            |

Ac = acumulado

Figura 12.6a) Muestreo de trabajo.

Nombre: Carmen López

Puesto: Taquígrafa-mecanógrafa

Estudio efectuado del lunes 7 al jueves 10 de octubre

Número total de observaciones:

| Concepto             | Porcentaje | Horas |
|----------------------|------------|-------|
| Tiempo productivo    |            |       |
| Retrasos inevitables |            |       |
| Retrasos evitables   |            |       |
| Retrasos personales  |            |       |

| Elementos                     | Día 7 |    |            | Día 8 |    |            | Día 9 |    |            | Día 10 |    |            |
|-------------------------------|-------|----|------------|-------|----|------------|-------|----|------------|--------|----|------------|
|                               | N     | AC | Porcentaje | N     | AC | Porcentaje | N     | AC | Porcentaje | N      | AC | Porcentaje |
| 1 Tomar dictado               | 30    |    |            | 16    |    |            | 22    |    |            | 28     |    |            |
| 2 Escribir a máquina          | 52    |    |            | 50    |    |            | 58    |    |            | 53     |    |            |
| 3 Leer                        | 18    |    |            | 16    |    |            | 12    |    |            | 8      |    |            |
| 4 Llevar documentos           | 16    |    |            | 12    |    |            | 18    |    |            | 9      |    |            |
| 5 Hablar con el jefe          | 9     |    |            | 5     |    |            | 7     |    |            | 2      |    |            |
| 6 Hablar con compañera        | 13    |    |            | 12    |    |            | 16    |    |            | 11     |    |            |
| 7 Hablar por teléfono         | 15    |    |            | 19    |    |            | 9     |    |            | 16     |    |            |
| 8 Fuera del área              | 14    |    |            | 7     |    |            | 14    |    |            | 13     |    |            |
| 9 Actividades personales      | 7     |    |            | 8     |    |            | 6     |    |            | 9      |    |            |
| 10 Sin hacer nada             | 12    |    |            | 8     |    |            | 7     |    |            | 14     |    |            |
| 11 Esperar órdenes            | 4     |    |            | 3     |    |            | 7     |    |            | 6      |    |            |
| 12 Buscar material de trabajo | 9     |    |            | 6     |    |            | 8     |    |            | 4      |    |            |
| 13 Varios productivos         | 2     |    |            | 1     |    |            | 2     |    |            | 5      |    |            |
| Total                         |       |    |            |       |    |            |       |    |            |        |    |            |

Ac = acumulado

Nombre: Dolores Vargas

Puesto: Taquígrafa-mecanógrafa

Estudio efectuado del lunes 7 al jueves 10 de octubre

Número total de observaciones:

| Concepto             | Porcentaje | Horas |
|----------------------|------------|-------|
| Tiempo productivo    |            |       |
| Retrasos inevitables |            |       |
| Retrasos evitables   |            |       |
| Retrasos personales  |            |       |

| Elementos                     | Día 7 |    |            | Día 8 |    |            | Día 9 |    |            | Día 10 |    |            |
|-------------------------------|-------|----|------------|-------|----|------------|-------|----|------------|--------|----|------------|
|                               | N     | AC | Porcentaje | N     | AC | Porcentaje | N     | AC | Porcentaje | N      | AC | Porcentaje |
| 1 Tomar dictado               | 31    |    |            | 16    |    |            | 20    |    |            | 29     |    |            |
| 2 Escribir a máquina          | 74    |    |            | 45    |    |            | 58    |    |            | 65     |    |            |
| 3 Leer                        | 12    |    |            | 15    |    |            | 15    |    |            | 14     |    |            |
| 4 Llevar documentos           | 9     |    |            | 12    |    |            | 10    |    |            | 7      |    |            |
| 5 Hablar con el jefe          | 5     |    |            | 7     |    |            | 4     |    |            | 6      |    |            |
| 6 Hablar con compañera        | 7     |    |            | 16    |    |            | 16    |    |            | 9      |    |            |
| 7 Hablar por teléfono         | 9     |    |            | 7     |    |            | 14    |    |            | 8      |    |            |
| 8 Fuera del área              | 16    |    |            | 12    |    |            | 14    |    |            | 15     |    |            |
| 9 Actividades personales      | 12    |    |            | 8     |    |            | 9     |    |            | 12     |    |            |
| 10 Sin hacer nada             | 10    |    |            | 12    |    |            | 9     |    |            | 11     |    |            |
| 11 Esperar órdenes            | 7     |    |            | 5     |    |            | 10    |    |            | 6      |    |            |
| 12 Buscar material de trabajo | 6     |    |            | 4     |    |            | 3     |    |            | 2      |    |            |
| 13 Varios productivos         | 3     |    |            | 4     |    |            | 4     |    |            | 4      |    |            |
| Total                         |       |    |            |       |    |            |       |    |            |        |    |            |

Ac = acumulado



Nombre: Guillermina Sánchez  
 Puesto: Taquígrafa-mecanógrafa  
 Estudio efectuado del lunes 7 al jueves 10 de octubre  
 Número total de observaciones:

| Concepto             | Porcentaje | Horas |
|----------------------|------------|-------|
| Tiempo productivo    |            |       |
| Retrasos inevitables |            |       |
| Retrasos evitables   |            |       |
| Retrasos personales  |            |       |

| Elementos                     | Día 7 |    |            | Día 8 |    |            | Día 9 |    |            | Día 10 |    |            |
|-------------------------------|-------|----|------------|-------|----|------------|-------|----|------------|--------|----|------------|
|                               | N     | AC | Porcentaje | N     | AC | Porcentaje | N     | AC | Porcentaje | N      | AC | Porcentaje |
| 1 Tomar dictado               | 36    |    |            | 29    |    |            | 13    |    |            | 31     |    |            |
| 2 Escribir a máquina          | 58    |    |            | 72    |    |            | 76    |    |            | 74     |    |            |
| 3 Leer                        | 17    |    |            | 12    |    |            | 10    |    |            | 12     |    |            |
| 4 Llevar documentos           | 14    |    |            | 16    |    |            | 8     |    |            | 12     |    |            |
| 5 Hablar con el jefe          | 9     |    |            | 4     |    |            | 11    |    |            | 10     |    |            |
| 6 Hablar con compañera        | 1     |    |            | 2     |    |            | 16    |    |            | 9      |    |            |
| 7 Hablar por teléfono         | 2     |    |            | 1     |    |            | 5     |    |            | 3      |    |            |
| 8 Fuera del área              | 46    |    |            | 3     |    |            | 7     |    |            | 2      |    |            |
| 9 Actividades personales      | 2     |    |            | 8     |    |            | 12    |    |            | 14     |    |            |
| 10 Sin hacer nada             | 7     |    |            | 3     |    |            | 9     |    |            | 3      |    |            |
| 11 Esperar órdenes            | 3     |    |            | 6     |    |            | 18    |    |            | 14     |    |            |
| 12 Buscar material de trabajo | 2     |    |            | 4     |    |            | 2     |    |            | 2      |    |            |
| 13 Varios productivos         | 4     |    |            | 3     |    |            | 0     |    |            | 2      |    |            |
| Total                         |       |    |            |       |    |            |       |    |            |        |    |            |

Ac = acumulado

Tabla 12.5.

| CONCEPTO                                | SUÁREZ | ALBA | BRAVO | VERDUZCO | BÁEZ | TORRES |
|-----------------------------------------|--------|------|-------|----------|------|--------|
| Tiempo de horas trabajadas              | 78     | 80   | 80    | 65       | 72   | 75     |
| Total de observaciones                  | 152    | 170  | 181   | 114      | 143  | 158    |
| Observaciones que implican catalogación | 50     | 55   | 48    | 29       | 40   | 55     |
| Evaluación media                        | 90     | 95   | 105   | 85       | 90   | 100    |

Una investigación preliminar dio como resultado la estimación de que 30% del tiempo del grupo de empleados se consume en catalogar.

¿Cuántas observaciones de muestreo de trabajo habría que realizar si se desea tener 95% de confianza de que los datos observados están dentro de una tolerancia de  $\pm 10\%$  de los datos de la población?

Describe cómo se deben realizar las observaciones al azar.

La tabla 12.5 ilustra algunos de los datos obtenidos de seis de los veinte empleados. A partir de estos datos determine un estándar en horas de 100 artículos (o piezas por catalogar). Nota. En el total de observaciones están todos los elementos.

El número de volúmenes catalogados es 14 602.

Diseñe, además, un diagrama de control basado en los límites de  $3\sigma$  para las observaciones diarias.

Tiempo de recorrido 15 minutos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alford, L. P. y Bangs John R., *Manual de la producción*, Hispano Americana, 2a. ed., México, 1969.
- Barnes, M. Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.
- Krick, E. V., *Ingeniería de métodos*, Limusa, México, 1977.
- Lashera, E., José Ma., *Tecnología de la organización industrial*, Cedel, vols. 1 y II, 3a. ed., México, 1969.
- Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfa Omega. México, 1990.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.

Tomar riesgos es la esencia de la actividad económica de la empresa... pero, mientras consideramos inútil tratar de eliminar el riesgo y es muy discutible el tratar de minimizarlo, sí es esencial que los riesgos que se tomen sean los riesgos correctos... para hacer esto, sin embargo, debemos saber y entender qué riesgos debemos tomar.

Peter Drucker

#### OBJETIVOS

- Definir qué es un dato estándar.
- Resolver problemas de datos breves.
- Explicar la secuencia de la aplicación del dato estándar en la obtención del tiempo tipo.
- Justificar y comentar la diferencia con otras técnicas para obtener el tiempo estándar.

## DATOS ESTÁNDAR: CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Los **datos estándar** son, en su mayor parte, tiempos elementales estándar tomados de estudios de tiempo que han probado ser satisfactorios. Los datos estándar comprenden todos los elementos estándar: tabulados, monogramas, tablas, etcétera, que se han recopilado para ayudar en la medición de un trabajo específico, sin necesidad de algún dispositivo de medición de tiempos, tales como cronómetros.

Cuando se habla de datos estándar, uno se refiere a todos los estándares tabulados de elementos, gráficas o diagramas, monogramas y tablas recopilados para poder efectuar la medi-

da de un trabajo específico. Por lo general, los estándares para trabajos nuevos pueden calcularse con más rapidez por medio de datos tipo estándar, ya que si lo efectuara un analista por medio de un estudio cronométrico establecería cinco tasas por día, pero podría establecer 25 tasas diarias con la técnica de datos estándar.

## OBTENCIÓN DE DATOS DE TIEMPO ESTÁNDAR

Para obtener estos datos es preciso distinguir los elementos constantes de los elementos variables.

- *Elemento constante.* Es aquel donde el tiempo asignado permanecerá aproximadamente igual para cualquier pieza dentro de un trabajo específico.
- *Elemento variable.* Es aquel donde el tiempo asignado cambia dentro de una variedad específica de trabajos.

Un ejemplo puede ser poner en marcha una máquina mediante un tiempo asignado constante para hacer con taladro una perforación de 3/8" de diámetro. El tiempo varía según la profundidad del barreno, la alimentación y velocidad del taladro.

Los elementos de preparación del equipo deben mantenerse por separado de los elementos incorporados en el tiempo de cada pieza, y los elementos constantes deben naturalmente conservarse separados de los variables. Los datos estándar se tabularían como se muestra en la tabla 13.1.

Los datos estándar se recopilan a partir de diversos elementos ocurridos durante los estudios de tiempos tomados para un cierto proceso durante determinado lapso. El analista en tabulación de datos estándar debe determinar los puntos terminales. Como los elementos de los datos estándar se recopilan con base en un gran número de estudios efectuados por diferentes analistas, debe tenerse cuidado en definir los límites o puntos terminales de cada elemento. Con el fin de satisfacer una necesidad específica en una tabulación de datos estándar, debe procurarse recurrir siempre a la medición del trabajo del elemento, tarea que puede llevarse a cabo con suficiente exactitud mediante el empleo de un cronómetro de milésimas de minuto y del método de vuelta a cero para anotar el tiempo elemental transcurrido.

Después de terminadas las observaciones, los tiempos elementales transcurridos se resumen para determinar el valor medio, como en el caso de un estudio de tiempos con cronómetro.

Tabla 13.1.

| MÁQUINAS U OPERACIÓN |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1. De preparación    | 2. Para cada pieza |
| A. Constantes        | A. Constantes      |
| B. Variables         | B. Variable        |

Los valores medios se califican luego por actuación, y se agrega una tolerancia para llegar a los tiempos estándar justos.

Algunas veces, debido a la brevedad de los elementos individuales es imposible medir su duración por separado, como por ejemplo al tratar de tomar el tiempo a una secretaria competente, es casi imposible tomar el tiempo cada vez que presiona una tecla, pero se pueden determinar sus valores individuales cronometrando colectivamente los grupos de elementos y utilizando ecuaciones simultáneas para hallar los elementos individuales.

### Ejemplo:

El analista de una compañía está acumulando datos estándar del departamento de prensas. A causa de la brevedad de los elementos ha decidido medir grupos de tiempos, agrupándolos para luego determinar el valor de cada elemento.

Sus datos son los siguientes:

- Alcanzar cintas de metal, sujetarlas y deslizarlas contra el tope.
- Soltar material, alcanzar la manivela de la prensa, sujetarla y moverla.
- Mover el pie para operar el pedal.
- Alcanzar la pieza, sujetarla y quitarla del troquel.
- Mover la pieza hasta la caja y soltarla.

Estos datos se podrían cronometrar de la siguiente forma:

$$a + b + c = 0.048 \quad (1)$$

$$b + c + d = 0.062 \quad (2)$$

$$c + d + e = 0.050 \quad (3)$$

$$d + e + a = 0.055 \quad (4)$$

$$e + a + b = 0.049 \quad (5)$$

Sumando estas cinco ecuaciones,

$$3a + 3b + 3c + 3d + 3e = 0.264$$

$$3(a + b + c + d + e) = 0.264$$

$$a + b + c + d + e = \frac{0.264}{3} = 0.088 \quad (6)$$

Si hacemos  $a + b + c = 0.048 = A$  y sustituimos en (6)

$$a + d + e = 0.088$$

$$d + e = 0.088 - 0.048$$

$$d + e = 0.040$$

De (3)

$$c + d + e = 0.050$$

$$c + 0.040 = 0.050$$

$$c = 0.050 - 0.040 = 0.010$$

$$c = 0.010$$

En (4)

$$d + e + a = 0.055$$

$$a = 0.055 - 0.040$$

$$a = 0.015$$

En (1)

$$a + b + c = 0.048$$

$$b = 0.048 - 0.015 - 0.010$$

$$b = 0.023$$

En (5)

$$e + a + b = 0.049$$

$$e = 0.049 - 0.015 - 0.023$$

$$e = 0.011$$

En (2)

$$b + c + d = 0.062$$

$$d = 0.062 - 0.023 - 0.010$$

$$d = 0.029$$

Comprobación

$$0.015 + 0.023 + 0.010 = 0.048$$

$$0.023 + 0.010 + 0.029 = 0.062$$

$$0.010 + 0.029 + 0.011 = 0.050$$

$$0.029 + 0.011 + 0.015 = 0.055$$

$$0.011 + 0.015 + 0.023 = 0.049$$

### ***Secuencia para obtener los datos estándar***

Otro tipo de problemas que a menudo se presenta es el de correlación, es decir, determinar el grado de relación entre las variables que se estudian (véase la figura 13.1).

### ***Ejemplo:***

Sea  $x$  una variable, como pintar una superficie o limpiarla.

Sea  $y$  el tiempo necesario para efectuar esa operación (véase la figura 13.2).

De tal forma los datos de la tabla 13.2 pueden ser representados mediante una recta, reduciéndose así el problema a la lectura del tiempo necesario para cualquier variable entre 10 y 92 cm.

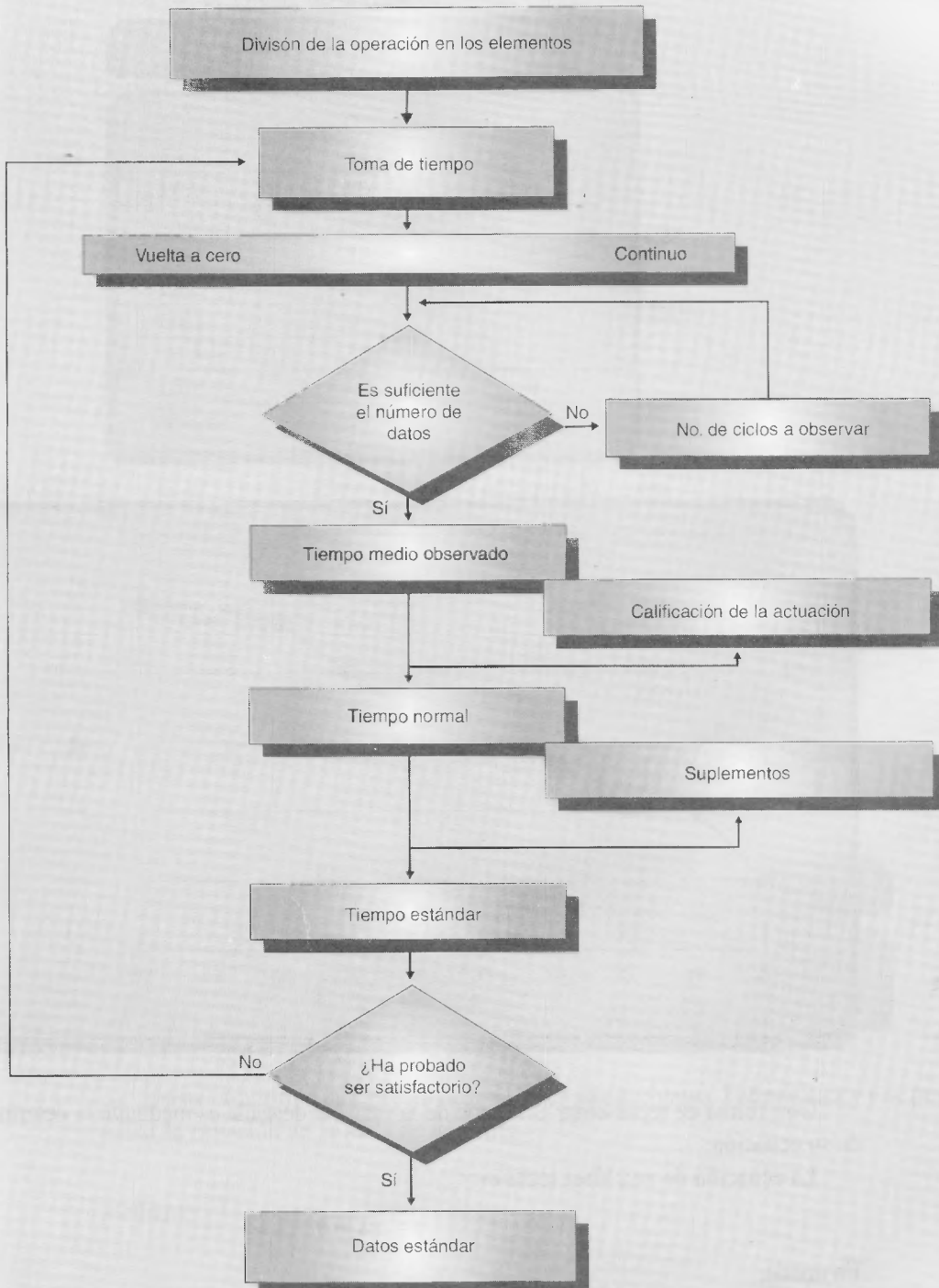
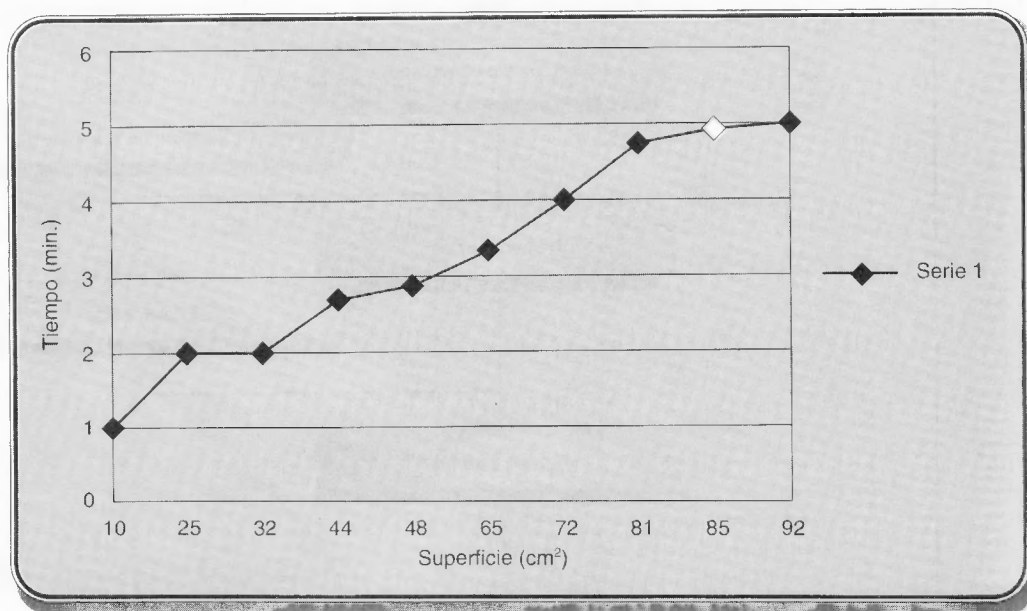


Figura 13.1.

Tabla 13.2.

| ESTUDIO NÚM. | x  | y    |
|--------------|----|------|
| 1            | 10 | 1.17 |
| 2            | 25 | 1.95 |
| 3            | 32 | 2.04 |
| 4            | 44 | 2.71 |
| 5            | 48 | 2.86 |
| 6            | 65 | 3.25 |
| 7            | 72 | 4.00 |
| 8            | 81 | 4.86 |
| 9            | 85 | 4.93 |
| 10           | 92 | 5.02 |



**Figura 13.2**  
Gráfica de  
correlación.

Otra forma de representar el tiempo de la variable descada es mediante la determinación de su ecuación.

La ecuación de una línea recta es:

$$y = mx + b$$

En donde:

- y = ordenada (tiempo)
- x = abscisa (variable)



$m$  = pendiente de la recta

$b$  = intersección de la recta con el eje "y"

La pendiente puede calcularse mediante:

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}$$

Para el caso específico tomamos: (92, 5.02) y (10, 1.17):

$$m = \frac{(5.02 - 1.7)}{(92 - 10)} = 0.047$$

La ecuación de la recta quedaría:

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

$$y - 5.02 = 0.047(x - 92)$$

$$y - 5.02 = 0.047x - 4.324$$

$$y = 0.047x + 0.696$$

Sustituyendo algunos valores:

$$y_3 = 0.047(32) + 0.696 = 2.2$$

$$y_7 = 0.047(72) + 0.696 = 4.08$$

La diferencia de las  $y$  estimadas y las  $y$  reales se marcan en la tabla 13.3:

Tabla 13.3.

| y REAL | y ESTIMADA | DIFERENCIA |
|--------|------------|------------|
| 2.04   | 2.20       | -0.16      |
| 4.00   | 4.08       | -0.08      |

Existe otra forma más exacta para resolver este problema. Estimadas  $x$  y  $y$  se puede determinar la ecuación de la recta de la forma:

$$y = mx + b$$

Mediante

$$m = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}$$

$$b = \bar{y} - m\bar{x}$$

Tabla 13.4.

| ESTUDIO  | $x$ | $y$   | $xy$     | $x^2$  |
|----------|-----|-------|----------|--------|
| 1        | 10  | 1.17  | 11.70    | 100    |
| 2        | 25  | 1.95  | 48.75    | 625    |
| 3        | 32  | 2.04  | 65.28    | 1 024  |
| 4        | 44  | 2.71  | 119.24   | 1 936  |
| 5        | 48  | 2.86  | 137.28   | 2 304  |
| 6        | 65  | 3.25  | 211.25   | 4 225  |
| 7        | 72  | 4.00  | 288.00   | 5 184  |
| 8        | 81  | 4.86  | 393.66   | 6 561  |
| 9        | 85  | 4.93  | 419.05   | 7 225  |
| 10       | 92  | 5.02  | 461.84   | 8 464  |
| $\Sigma$ | 554 | 32.79 | 2 156.05 | 37 648 |

$$m = \frac{2\,156.05 - 10(55.4)(3.279)}{37\,648 - 10(55.4)^2}$$

$$m = 0.0488$$

Sustituyendo valores encontramos:

$$b = 3.279 - 0.0488(55.4)$$

$$b = 0.5755$$

La ecuación queda:

$$y = 0.0488x + 0.5755$$

Sustituyendo algunos valores de  $x$ , queda:

$$y_3 = 0.0488(32) + 0.5755; 2.1371$$

$$y_7 = 0.0488(72) + 0.5755; 4.0891$$

Las diferencias de las  $y$  estimadas y las  $y$  reales se presentan en la tabla 13.5.

Comparando los valores obtenidos de la primera y de la segunda ecuación, es notorio que la segunda es la mejor ajustada a los datos dados.

Tabla 13.5.

| $y$ REAL | $y$ ESTIMADA | DIFERENCIA |
|----------|--------------|------------|
| 2.04     | 2.137        | -0.097     |
| 4.00     | 4.089        | -0.089     |

## PROBLEMAS REFERENTES A MÁQUINAS HERRAMIENTAS

### Trabajo con taladros

En las operaciones de taladros sobre superficies planas, el eje del taladro está a  $90^\circ$  de la superficie que se taladra.

Pueden presentarse dos situaciones:

- a) Cuando se taladra un agujero que atraviesa la pieza (figura 13.3a).

Debido a que el estándar comercial para el ángulo de las puntas de la broca es de  $118^\circ$ , se obtiene (figura 13.3b):

$$\tan A = \frac{r}{l}$$

$$l = \frac{r}{\tan A}$$

En donde:

$l$  = punta de la broca

$r$  = radio de la broca

$\tan A$  = tangente de la mitad del ángulo de la broca

- b) Cuando se taladra un agujero ciego (figura 13.3c).

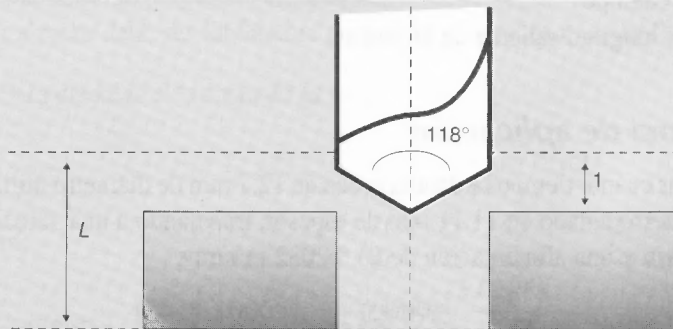


Figura 13.3a

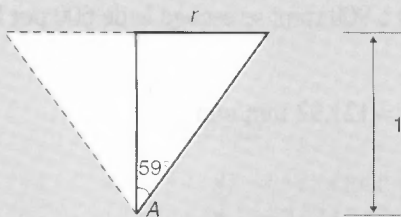


Figura 13.3b

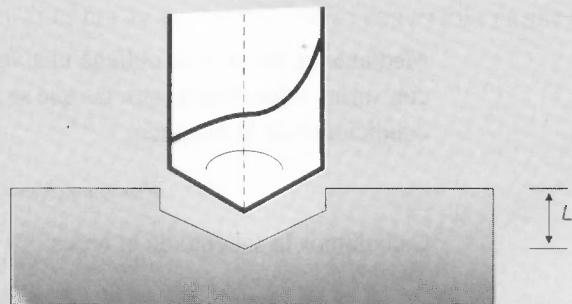


Figura 13.3c

En este caso no es necesario calcular la punta de la broca, pues ésta no atraviesa la placa. Entonces, en el primer caso es necesario considerar la punta de la broca y la distancia que ésta debe atravesar, mientras que en el segundo caso sólo se considera la distancia que la broca debe atravesar.

Una vez que se ha determinado la distancia total que debe atravesar la broca, se divide la alimentación del taladro (mm/minutos) entre esta distancia, con el fin de determinar en minutos el tiempo de corte del taladro.

$$T = \frac{L}{Fm}$$

La velocidad del taladro generalmente se expresa en milímetros por revolución:

$$Nr = \frac{(1000)(Sf)}{d(\pi)}$$

En donde:

$Nr$  = revoluciones por minuto

$Sf$  = velocidad periférica (m/min)

$d$  = diámetro de la broca (mm)

$Fm$  = avance por minuto

$I$  = avance por revolución

$T$  = tiempo

$L$  = longitud saliente de la broca

### **Problema de aplicación**

Determinar cuánto tiempo tarda una broca de 12.7 mm de diámetro utilizada para taladrar una placa de hierro colado de 11.11 mm de espesor, trabajando a una velocidad periférica ( $Sf$ ) de 30.48 m/min y una alimentación de ( $f$ ) 0.2032 mm/rev.

$$Nr = \frac{(100)(Sf)}{d(\pi)} = \frac{(1000)(30.48)}{(3.1416)(12.7)} = 763.9 \text{ rpm}$$

Mediante la fórmula se obtiene una velocidad de 764 rpm; sin embargo, la máquina cuenta con varias velocidades entre las que se encuentran 600 o 900 rpm; se escoge la de 600 por las condiciones de la máquina.

$$Fm = f \times Nr = (0.2032) (600) = 121.92 \text{ mm/min}$$

Calculamos la saliente de la broca:

$$l = \frac{r}{\tan A}$$

El valor comercial del ángulo en la punta de la broca es de  $118^\circ$ , por lo que se tiene:

$$l = \frac{6.35}{\tan 59} = 3.82 \text{ mm}$$

$$L = l + \text{espesor de la placa}$$

$$L = 3.82 + 11.112 = 14.932 \text{ mm}$$

$$T = \frac{L}{Fm} = \frac{14.932}{121.92} = 0.12247 \text{ min}$$

que es el tiempo que tarda en barrenar la placa.

### Ejemplo:

Calcular la tasa de producción diaria que puede establecerse para un operador que trabaja 8 horas diarias.

Datos estándar para la operación:

Tiempo de preparación unitario = 1.032 min

Tiempo de operación unitario = 0.581 min

Tolerancias por fallas del material = 12%

Alimentación = 0.009 de pulgada.

rpm = 700

Diámetro de la broca = 1/2 pulgada

La pieza debe ser totalmente perforada y su espesor es de 4".

Para calcular el tamaño de la broca

$$l = \frac{0.25}{1.6643} = 0.150$$

Ahora:

$$Fm = \frac{3.82(f)(Sf)}{d}$$

La velocidad periférica está dada en rpm, por lo cual es necesario convertirla en pies por minuto.

$$\text{rpm} = \frac{12(Sf)}{\pi \times d}$$

en donde:

$Sf$  = Velocidad periférica en pies por minuto

$\pi$  = 3.1416

$d$  = Diámetro de la broca en pulgadas

$$Sf = \frac{\text{rpm}(\pi)(d)}{12} = \frac{700(3.1416)(0.5)}{12} = 91.63 \text{ pies por minuto}$$

Sustituyendo

$$Fm = \frac{3.82(0.009)(91.63)}{0.5} = 6.30 \text{ pulgadas por minuto}$$

Para calcular el tiempo que se tarda en barrenar se utiliza la siguiente fórmula:

$$T = \frac{L}{Fm} = \frac{4 + 0.150}{6.30} = 0.659 \text{ minutos}$$

El tiempo necesario para la operación de taladro es de 0.659 minutos.

Será necesario agregarle 12% de tolerancia, y los tiempos de preparación y operación manual. Finalmente el tiempo para ejecutar la operación completa será:

|                                            |                    |
|--------------------------------------------|--------------------|
| Tiempo de operación. . . . .               | 1.032 min          |
| Tiempo de preparación. . . . .             | 0.581 min          |
| Tiempo de taladrar $0.659(1.12)$ . . . . . | <u>0.738 min</u>   |
|                                            | $\Sigma$ 2.351 min |

La producción diaria deberá ser:

$$\text{Producción} = \frac{(8)(60)}{2.351} = 204 \text{ piezas por hora}$$

### Problema

El analista de Troquelados Técnicos, S. A., desea obtener una ecuación precisa para estimar la longitud de corte de diferentes piezas, y tiene los datos estándar indicados en la tabla 13.6.

¿Cuál será la relación entre la longitud de corte y el tiempo estándar?

Tabla 13.6.

| NÚMERO | CENTÍMETROS | TIEMPO ESTÁNDAR |
|--------|-------------|-----------------|
| 1      | 20          | 0.40            |
| 2      | 84          | 1.60            |
| 3      | 26          | 1.08            |
| 4      | 70          | 1.42            |
| 5      | 40          | 1.10            |
| 6      | 64          | 1.22            |
| 7      | 44          | 1.20            |
| 8      | 44          | 1.22            |
| 9      | 50          | 1.18            |
| 10     | 30          | 0.60            |

# Fórmulas para producción (véase la tabla 13.7)

**Tabla 13.7** Tabla de unidades.

| PARA CALCULAR                                                                                                                                          | DATOS                                 | FÓRMULA                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| <b>UNIDADES INGLÉSAS</b>                                                                                                                               |                                       |                                 |
| $S(\text{pie/min.})$                                                                                                                                   | $d(\text{pulg.}), N(\text{rpm})$      | $S = \frac{3.1416(d)(N)}{12}$   |
| $N(\text{rpm})$                                                                                                                                        | $S(\text{pie/min.}), d(\text{pulg.})$ | $N = \frac{12(S)}{3.1416(d)}$   |
| $F(\text{pulg.})$                                                                                                                                      | $f(\text{pulg.}), N(\text{rpm})$      | $F = f \times N$                |
| $f'(\text{pulg.})$                                                                                                                                     | $F(\text{pulg.}), N(\text{rpm})$      | $f = F/N$                       |
| $f'(\text{pulg.})$                                                                                                                                     | $n_t, f(\text{pulg.})$                | $f = f/n_t$                     |
| $f'(\text{pulg.})$                                                                                                                                     | $n_t, F(\text{pulg.}), N(\text{rpm})$ | $f = F/n_t \times N$            |
| $N_t(\text{dpm})$                                                                                                                                      | $n_t, N(\text{rpm})$                  | $N_t = n_t \times N$            |
| <b>UNIDADES MÉTRICAS</b>                                                                                                                               |                                       |                                 |
| $S(\text{m/min.})$                                                                                                                                     | $d(\text{mm}), N(\text{rpm})$         | $S = \frac{3.1416(d)(N)}{1000}$ |
| $N(\text{rpm})$                                                                                                                                        | $S(\text{m/min.}), d(\text{mm})$      | $N = \frac{1000(S)}{3.1416(d)}$ |
| $F(\text{mm})$                                                                                                                                         | $f(\text{mm}), N(\text{rpm})$         | $F = f \times N$                |
| $f(\text{mm})$                                                                                                                                         | $F(\text{mm}), N(\text{rpm})$         | $f = F/N$                       |
| $f'(\text{mm})$                                                                                                                                        | $n_t, f(\text{mm})$                   | $f = f/n_t$                     |
| $f'(\text{mm})$                                                                                                                                        | $n_t, F(\text{mm}), N(\text{rpm})$    | $f = F/n_t \times N$            |
| $N_t(\text{dpm})$                                                                                                                                      | $n_t, N(\text{rpm})$                  | $N_t = n_t \times N$            |
| *Fórmulas para velocidades de corte y avance en fresadoras. Tabla del libro de Niebel, Benjamín, <i>Ingeniería industrial, tiempos y movimientos</i> . |                                       |                                 |

en donde:

$d$  = diámetro de la herramienta (pulgadas o mm)

$S$  = velocidad periférica (pie/min. o m/mm)

$F$  = avance por minuto (pulgadas o mm)

$f$  = avance por revolución (pulgadas o mm)  
 $p$  = avance por diente (pulgadas o mm)  
 $N$  = número de revoluciones por minuto (rpm)  
 $nt$  = número de dientes de las herramientas  
 $Nt$  = número de dientes cortantes por minuto (dpm)

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alford, L.P. Y Bangs, John R., *Manual de la producción*, Hispanoamericana, 2a. ed., México, 1969.  
 Barnes, M. Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.  
 Krick, E.V., *Ingeniería de métodos*, Limusa, México, 1977.  
 Maynard, H.B., *Manual de ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1960.  
 Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial; métodos, tiempos y movimientos*, Alfa Omega, México, 1990.  
 Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.



El método es la tierra y la idea es la semilla. Así como la tierra no produce sin la semilla, así el método no engendra nada sin la idea.

Jules Compagnon

## OBJETIVOS

- Definir qué es una fórmula de tiempo.
- Enunciar las ventajas y desventajas de las fórmulas de tiempo.
- Explicar los pasos a seguir en la implantación de una fórmula de tiempo.
- Aplicar la ecuación de la línea recta en caso de que los datos así lo marquen o usar una forma exponencial.

## PRESENTACIÓN

**Fórmula de tiempo** es una expresión algebraica de los factores que determinan el tiempo de una operación.

Sencillamente es una distribución conveniente de los datos normalizados, reducidos a su forma más simple, que facilita su aplicación exacta. Esta forma simple puede ser una curva, un cuadro de valores o una combinación de éstos.

Los datos normalizados son tiempos tipo de los elementos que se toman de los estudios de tiempos, que han sido probados satisfactoriamente, es decir, son los valores de tiempo representativos para cada elemento de una operación.

Es importante comprender que la fórmula debe aplicarse solamente a aquellos trabajos que caen dentro de los límites de los datos que utilizan al desarrollar la fórmula. A continua-

ción se presenta una serie de ventajas y desventajas que traen consigo el empleo de fórmulas de tiempo.

### ***Ventajas de las fórmulas de tiempos***

Las ventajas del uso de las fórmulas de tiempos, en lugar de los estudios de tiempos individuales para el establecimiento de tiempos tipo pueden resumirse de la siguiente forma:

1. Se obtienen en tiempos tipo más consistentes.
2. Se elimina la duplicidad de trabajo en operaciones similares.
3. Pueden establecerse estimaciones rápidas y exactas para costos de mano de obra, antes de empezar la producción.
4. Puede una persona con menos experiencia y adiestramiento determinar los tiempos tipo.

### ***Desventajas de las fórmulas de tiempos***

Las desventajas de las fórmulas de tiempos puede caer dentro de los dos puntos siguientes:

1. Hay una tendencia natural a considerar como constantes muchos elementos que no lo son, lo cual genera por ello tiempos erróneos.
2. Existe el peligro de aplicar la fórmula más allá de los límites para los cuales se estableció.

## **DIVISIÓN PRELIMINAR EN ELEMENTOS CONSTANTES Y ELEMENTOS VARIABLES**

Para comprender a cabalidad el tema es necesario definir claramente tanto los elementos constantes como los variables:

- *Elemento constante.* Es aquel para el cual el tiempo promedio o normal es siempre el mismo, a pesar de las características de la pieza o parte sobre la que se trabaja, siempre que las condiciones de trabajo y el método no se cambien; por ejemplo, caminatas, tomar herramientas, etcétera.
- *Elemento variable.* Es aquel para el cual el tiempo promedio o normal, bajo las mismas condiciones de trabajo y método, cambia debido a diferentes características de las piezas que se trabajan; por ejemplo: tamaño, peso, forma, densidad, dureza, viscosidad, etcétera.

Debe verificarse de manera cuidadosa que en la división original el tomador de tiempo haya separado perfectamente las actividades constantes y variables, incluyendo tan sólo las de un tipo y las de otro de cada uno de los elementos. Si no fuera así, se pueden dividir por medio de cálculos matemáticos, pero esta práctica no es más recomendable y sólo debe emplearse en casos extremos. Lo mejor es repetir de nuevo los estudios haciendo una clara separación entre constantes y variables.

## ***Secuencia para clasificar los elementos***

En el momento en que se tienen registrados en el resumen detallado todos los valores de tiempo de los estudios se procede a efectuar la clasificación de los elementos de acuerdo con la siguiente secuencia:

1. Hacer el análisis preliminar de los datos.
2. Clasificar los elementos en constantes y variables.
3. Seleccionar un valor de cada elemento constante.
4. Analizar los elementos variables.

## ***Pasos preliminares para elaborar fórmulas de tiempos***

Los siguientes son los pasos preliminares para elaborar fórmulas de tiempos. Es necesario aclarar que si bien en la práctica se superponen, aquí se presentan en orden cronológico.

1. Recopilación de datos originales y análisis general del trabajo.
2. Determinación del campo de la fórmula.
3. Análisis de cada una de las operaciones.
4. Instalación de las mejoras en los métodos y normalización.
5. División preliminar de elementos:
  - a) Constantes
  - b) Variables
6. Analizar o efectuar estudios completos de tiempo.
7. Transferir la información, los elementos y sus valores en un resumen detallado de los estudios de tiempos.

## **CÁLCULO DEL TIEMPO CUANDO LO AFECTA UNA VARIABLE**

### ***Caso de la recta***

Cuando el análisis de los valores de tiempo de un elemento revela que lo afecta una sola variable, la relación entre el tiempo y la variable se puede mostrar graficando los valores de cada uno de los estudios en un sistema de coordenadas.

El eje de las ordenadas siempre será el tiempo concedido y el de las abscisas la variable que afecta el tiempo.

Los casos más comunes que se presentan al construir la gráfica son los de que la curva resultante sea:

1. Una "línea recta".
2. El segmento de una hipérbola y parábola, o bien una forma extraña a las formas geométricas comunes. En semejantes ocasiones el desarrollo de un monograma facilita el cálculo del tiempo requerido para ejecutar el elemento.

En el caso de la línea recta, el tiempo se calcula por medio de la ecuación:

$$T = mx + b$$

en donde:

$T$  = tiempo concedido

$V$  = variable que afecta al tiempo

$m$  = pendiente de la línea recta o cambio proporcional del tiempo por cada cambio unitario de la variable.

$b$  = ordenada al origen o intersección de la línea recta con el eje del tiempo cuando la variable es cero.

Los valores de  $m$  y  $b$  de la ecuación se pueden calcular:

1. Por el método analítico,  $b$  se obtiene al programar la línea recta hasta su intersección con el eje de los tiempos, donde  $b$  es igual a la distancia entre el punto de intersección y el eje variable. Por su parte, el valor de la pendiente es:

$$m = \frac{T_1 - T_2}{V_1 - V_2}$$

en donde:

$(T_1, V_1)$  y  $(T_2, V_2)$  son puntos cualesquiera, que se encuentran sobre la recta.

2. Los valores de  $m$  y  $b$  también pueden calcularse por el método de los mínimos cuadrados en el cual se utilizan las dos ecuaciones siguientes que se resuelven simultáneamente:

$$\Sigma T = Nb + m\Sigma V \quad (1)$$

$$\Sigma TV = b\Sigma V + m\Sigma V^2 \quad (2)$$

en donde:

$\Sigma$  = Suma

$N$  = Número de estudios

### **Ejemplo:**

Para una determinada operación se cuenta con los datos de la tabla 14.1.

Si los datos obtenidos se grafican en papel de 10 coordenadas rectangulares, resulta la figura 14.1.

La gráfica puede expresarse en forma de ecuación.

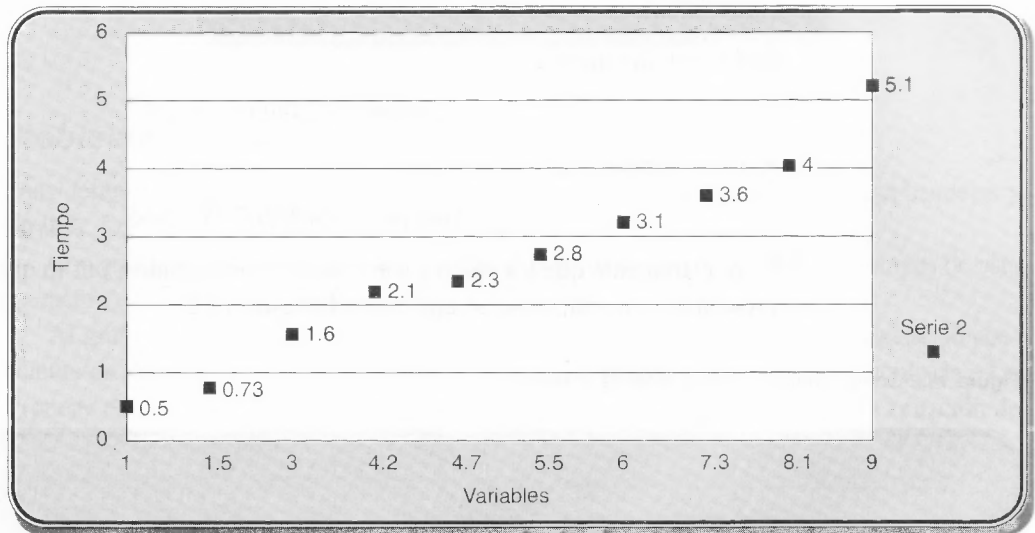
Seleccionando dos puntos cualquiera.

Punto 1  $x = 1$   $y = \log. 0.5$

Punto 2  $x = 6$   $y = \log. 3.1$

Tabla 14.1.

| ESTUDIO NÚM. | VARIABLE | TIEMPO |
|--------------|----------|--------|
| 1            | 1.0      | 1.5    |
| 2            | 1.5      | 0.73   |
| 3            | 3.0      | 1.6    |
| 4            | 4.2      | 2.1    |
| 5            | 4.7      | 2.3    |
| 6            | 5.5      | 2.8    |
| 7            | 6.0      | 3.1    |
| 8            | 7.3      | 3.6    |
| 9            | 8.1      | 4.0    |
| 10           | 9.0      | 5.1    |



en donde:

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{\log 0.5 - \log 3.1}{1 - 6}$$

$$m = 0.15562$$

Para determinar la ecuación de una línea recta, se tiene:

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

Sustituimos los valores en la ecuación:

$$\begin{aligned} \log y - \log 0.5 &= 0.1556 (x - x_1) \\ (\log y - (-0.3010)) &= (0.1556x - 0.1556) \\ \log y &= 0.1556x - 0.4566 \end{aligned}$$

De la forma exponencial

$$y = A B^x$$

$$\log y = \log A + x \log B$$

$$\log A = -0.4566$$

$$A = 0.3494$$

$$\log B = 0.1556$$

$$B = 1.4309$$

Sustituyendo en la ecuación anterior los valores antes obtenidos, tenemos:

$$y = (0.3494)(1.4309)^x$$

$$y = 0.4999x$$

La comprobación de la fórmula puede hacerse de la siguiente manera: tomando un par de valores que fueron determinados mediante los estudios efectuados y sustituyéndolos en la ecuación se tiene:

Para el estudio número 3:

$$\text{Tiempo} = (0.4999)(3) = 1.5$$

Para el estudio número 8:

$$\text{Tiempo} = (0.4999)(7.3) = 3.65$$

Se ve claramente que los valores son bastante aproximados, por lo que se concluye que la expresión es correcta, como se aprecia en la figura 14.2.

**Figura 14.2** Comportamiento de las lecturas anteriores.

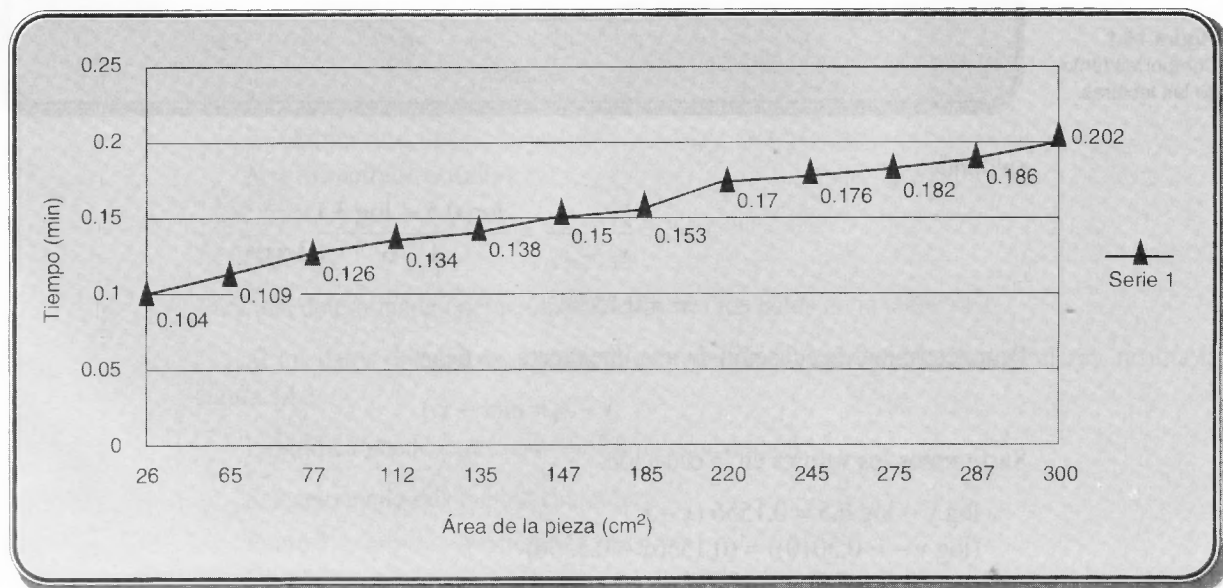


Tabla 14.2.

| NÚM. ESTUDIO | ÁREA (cm <sup>2</sup> ) | TIEMPO (min) |
|--------------|-------------------------|--------------|
| 1            | 26                      | 0.104        |
| 2            | 65                      | 0.109        |
| 3            | 77                      | 0.126        |
| 4            | 112                     | 0.134        |
| 5            | 135                     | 0.138        |
| 6            | 147                     | 0.150        |
| 7            | 185                     | 0.153        |
| 8            | 220                     | 0.174        |
| 9            | 245                     | 0.176        |
| 10           | 275                     | 0.182        |
| 11           | 287                     | 0.186        |
| 12           | 300                     | 0.202        |

### Problema de aplicación

Considérense los estudios de tiempos de la operación de “pintura en primer” para bandejas y láminas. Los datos se presentan en la tabla 14.2.

Con esta información se procede a calcular la fórmula que normalice los tiempos de esta operación (véase la figura 14.2).

Al graficar se puede ver que se ajusta a una recta, pero para comprobarlo existe un coeficiente de correlación ( $cc$ ) que nos indica si se ajusta o no a una recta, si el cálculo da  $-1$  o  $1$  (puede dar  $0.87$ ,  $-0.98$ , etcétera), la correlación es buena y puede utilizarse la ecuación de

| ESTUDIO NÚM. | ÁREA EN cm <sup>2</sup> | TIEMPO EN MIN |         |         |        |          |
|--------------|-------------------------|---------------|---------|---------|--------|----------|
|              | $x$                     | $y$           | $xy$    | $x^2$   | $y^2$  |          |
| 1            | 25                      | 0.104         | 2.600   | 625     | 0.0108 |          |
| 2            | 65                      | 0.109         | 7.085   | 4 225   | 0.0119 |          |
| 3            | 77                      | 0.126         | 9.702   | 5 929   | 0.0159 |          |
| 4            | 112                     | 0.134         | 15.010  | 12 544  | 0.0179 |          |
| 5            | 135                     | 0.138         | 18.630  | 18 225  | 0.0190 |          |
| 6            | 147                     | 0.150         | 22.050  | 21 609  | 0.0225 |          |
| 7            | 185                     | 0.153         | 28.310  | 34 225  | 0.0230 |          |
| 8            | 220                     | 0.174         | 38.280  | 48 400  | 0.0302 |          |
| 9            | 245                     | 0.176         | 43.120  | 60 025  | 0.0309 |          |
| 10           | 275                     | 0.182         | 50.050  | 75 625  | 0.0331 |          |
| 11           | 287                     | 0.186         | 53.382  | 82 369  | 0.0346 |          |
| 12           | 300                     | 0.202         | 60.600  | 90 000  | 0.0410 |          |
| $N = 12$     | 2 073                   | 1.834         | 348.812 | 453 801 | 0.2913 | $\Sigma$ |

la recta, si por el contrario el resultado es muy bajo (0.2 o 0.3) habrá que usar la ecuación de la curva.

$$cc = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(\sum x^2 N - (\sum x)^2)(N \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Procedamos a realizar cálculos. Los datos se presentan en la figura 14.3.

Sustituyendo los valores se tiene

$$cc = \frac{12(348.812) - (2\,073)(1.834)}{\sqrt{(12(453\,801) - (2\,073)^2)(12(0.2913) - (1.834)^2)}}$$

$$cc = \frac{383.862}{389.389} = 0.986$$

Como el resultado de la fórmula de correlación es 0.986 se dice que los datos se ajustan perfectamente a una línea recta.

Si  $y = mx + b$

$$m = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{12(348.812) - (2\,073)(1.834)}{12(453\,801) - (2\,073)^2} = 0.0003343$$

$$b = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{(1.834)(453\,801) - (2\,073)(348.812)}{12(453\,801) - (2\,073)^2} = 0.0951$$

Sustituyendo los valores de  $m$  y  $b$  en la ecuación de la recta se obtiene la fórmula de tiempo:

$$y = 0.000334x + 0.0951$$

en donde:

$y$  = Tiempo de duración de la operación (min)

$x$  = Área que se va a pintar ( $\text{cm}^2$ )

Para comprobar la fórmula tomemos el dato número 5 de la tabla y comparemos resultados:

$$y = 0.000334(135) + 0.0951 = 0.140 \text{ min/pza.}$$

En la tabla se tiene 0.138, que es aproximadamente igual a 0.140, por lo que concluimos que el planteamiento de la fórmula es el correcto.

### **Ejemplo:**

Se requiere determinar una fórmula de tiempo para el siguiente trabajo: soldar dos partes de lámina de aluminio 302, calibre número 16, dobladas a  $90^\circ$  previamente en el departamento de prensas.



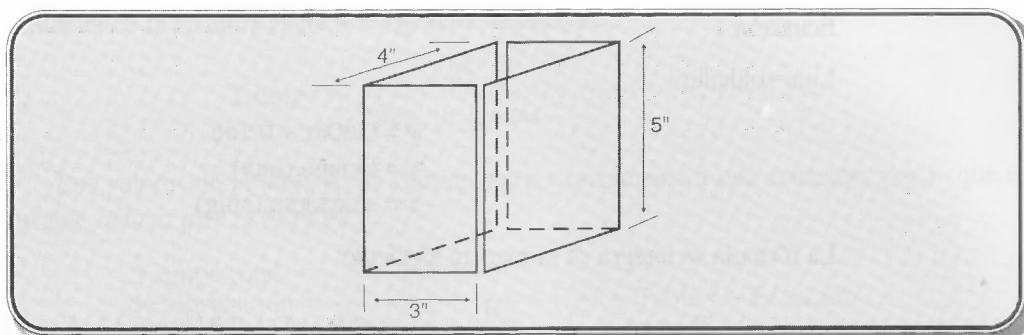


Figura 14.4.

Para ello, el operador debe recoger el material y un dispositivo de fijación del almacén en un carro cuya capacidad es de 10 piezas (20 partes) para el rango de medidas fijado. Suelta la pieza mediante dos cordones de soldadura aplicados por la parte exterior, desengrasa la pieza, lija las partes soldadas y por último limpia con un trapo.

La pieza es como se muestra en la figura 14.4.

Se cuenta con la siguiente información:

### Datos estándar

Aplicación: soldadura con argón. Máquina Heliard.

Rango: de 3" a 6".

Material: Aluminio 320, calibre núm. 16.

- a) Obtener material y dispositivos, regresar y colocarse en el área de trabajo ... 4.75 min
- b) Ajustar dispositivo ..... 0.63 min
- c) Prender y apagar la máquina de soldar ..... 0.18 min
- d) Soldar 1" ..... 0.10 min
- e) Desengrasar la pieza ..... Tabla núm. 1
- f) Lijar soldadura ..... Ecuación 1
- g) Limpiar con trapo la pieza ..... Tabla núm. 2

Tabla 14.3.

| TABLA 1                   |              | TABLA 2                   |              |
|---------------------------|--------------|---------------------------|--------------|
| Desengrasar               |              | Limpiar con trapo         |              |
| Área (pulg <sup>2</sup> ) | Tiempo (min) | Área (pulg <sup>2</sup> ) | Tiempo (min) |
| 40                        | 0.203        | 40                        | 0.156        |
| 50                        | 0.310        | 50                        | 0.238        |
| 60                        | 0.395        | 60                        | 0.304        |
| 70                        | 0.452        | 70                        | 0.348        |
| 80                        | 0.503        | 80                        | 0.387        |
| 90                        | 0.615        | 90                        | 0.473        |
| 100                       | 0.718        | 100                       | 0.552        |

Ecuación 1

Lijar soldadura

$$y = 0.006x + 0.156$$

y = tiempo (min)

x = soldadura (pulg)

La fórmula se integra de la manera siguiente:

$$\text{Tiempo} = \frac{A}{\text{Núm. de piezas}} + 2B + C + 2B(\text{Long.}) + E + 2F + G$$

Es claro que las tablas 1 y 2 de la tabla 14.3 (elementos  $E$  y  $G$ ) pueden quedar resumidas en una:

Tabla 14.4.

| TABLA E'                  |              |
|---------------------------|--------------|
| Área (pulg <sup>2</sup> ) | Tiempo (min) |
| 40                        | 0.359        |
| 50                        | 0.548        |
| 60                        | 0.699        |
| 70                        | 0.800        |
| 80                        | 0.890        |
| 90                        | 1.088        |
| 100                       | 1.270        |

Realizando  $E + G = E'$ , la fórmula quedaría:

$$\text{Tiempo} = \frac{4.75}{\text{Núm. de piezas}} + (2B + C) + 2D(\text{Long.}) + E' + 2F$$

Puesto que  $2D$  (longitud) está expresado en pulgadas y  $F$  también es posible agruparlos:

Como  $D = 0.10$  y si  $X = \text{longitud}$

$$2DX = 0.20X \text{ para el elemento } D$$

Para el elemento  $F$ :

$$2F = 0.012X + 0.312$$

Sumando las dos expresiones ( $D + 2F$ ), llamándolas  $F'$

$$F' = 0.212X + 0.312 \dots \dots \dots \text{Ecuación (1)}$$

Reduciendo la fórmula ahora a la siguiente expresión:

$$\text{Tiempo} = \frac{4.75}{\text{Núm. de piezas}} + E' + F' + (2B + C)$$

Los valores de la tabla  $E'$  no corresponden exactamente a una ecuación, por lo que es posible reducir más la fórmula.

$$\begin{array}{l} \text{Tiempo total} \\ \text{de fabricación} \\ \text{(min./pza.)} \end{array} = \frac{4.75}{\text{Núm. de piezas}} + 1.44 + \text{Tabla 1} + \text{Ecuación 1}$$

Haciendo  $E' = \text{Tabla 1}$  y  $F' = \text{Ecuación 1}$

Tabla 14.5.

| TABLA 1                   |              | ECUACIÓN 1                                   |
|---------------------------|--------------|----------------------------------------------|
| Área (pulg <sup>2</sup> ) | Tiempo (min) | $y = 0.212X + 0.312$                         |
| 40                        | 0.359        | $y = \text{Tiempo (min.)}$                   |
| 50                        | 0.548        | $y = \text{Longitud de la soldadura (pulg)}$ |
| 60                        | 0.699        |                                              |
| 70                        | 0.800        |                                              |
| 80                        | 0.890        |                                              |
| 90                        | 1.088        |                                              |
| 100                       | 1.270        |                                              |

### Problema de aplicación

- Determinar el tiempo necesario de la figura y una producción de 5 piezas.

$$\text{Tiempo total de fabricación} = \frac{4.75}{5} + 1.44 + \text{Tabla 1} + \text{Ecuación 1}$$

$$\text{Área } 70 \text{ pulg}^2 = 0.800 \text{ min}$$

$$\text{Longitud de soldadura } 5 \text{ pulg} = 0.212(5) + 0.312 = 1$$

$$\text{Tiempo total de fabricación} = 0.950 + 1.44 + 0.800 + 1.372 = 4.562$$

Tiempo total de fabricación = 4.562 min/pieza, que es el tiempo que tarda en fabricarse las piezas.

### Problema de aplicación

- El analista de troquelados técnicos realizó estudios de operación de pulido y limado a mano para diferentes radios en determinadas piezas. Diez estudios proporcionaron la información que se muestra en la tabla 14.6.

Tabla 14.6.

| ESTUDIO NÚMERO | TAMAÑO DE RADIO | MINUTOS POR MILÍMETRO |
|----------------|-----------------|-----------------------|
| 1              | 9.525           | 0.024                 |
| 2              | 12.7            | 0.37                  |
| 3              | 15.875          | 0.59                  |
| 4              | 17.462          | 0.80                  |
| 5              | 19.050          | 0.93                  |
| 6              | 25.4            | 1.52                  |
| 7              | 10.319          | 0.30                  |
| 8              | 16.669          | 0.70                  |
| 9              | 22.225          | 1.20                  |
| 10             | 23.812          | 1.47                  |

Obtenga una ecuación para estimar el tiempo de tales operaciones en el taller que muestra dicha tabla.

### *Problema de aplicación*

- En el recorte inicial de varios componentes para utensilios de cocina, el analista estudia una relación entre el tiempo estándar y el área de la pieza. Después de efectuar cinco estudios de tiempos independientes, elabore la tabla 14.7 con los datos obtenidos.

Tabla 14.7.

| ESTUDIO NÚMERO | ÁREA DE LA PIEZA<br>(cm <sup>2</sup> ) | TIEMPO ESTÁNDAR<br>(MINUTOS) |
|----------------|----------------------------------------|------------------------------|
| 1              | 15                                     | 0.07                         |
| 2              | 22                                     | 0.10                         |
| 3              | 40                                     | 0.13                         |
| 4              | 64                                     | 0.20                         |
| 5              | 120                                    | 0.24                         |

Obtenga una ecuación para evaluar dicha operación.

### *Problema de aplicación*

- El analista de Industrias Telefónicas trata de obtener una fórmula para prevalorar una operación de ensamble en una línea de teléfono donde intervienen diferentes tamaños de piezas. La operación citada implica tres elementos constantes y uno variable. Los elementos constantes, que se determinan a partir de los datos MTM, son:

Tabla 14.8.

| ESTUDIO NÚMERO | TIEMPO ESTÁNDAR<br>(MINUTOS) | ÁREA<br>(cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|------------------------------|----------------------------|
| 1              | 0.282                        | 18                         |
| 2              | 0.163                        | 13                         |
| 3              | 0.022                        | 5                          |
| 4              | 0.120                        | 11                         |
| 5              | 0.230                        | 16                         |

Elemento 1 = Un R20C, un G4B, un P2SSD, un APB, un M30C con peso de 2 kg y un RLI.

Elemento 2 = Un desplazamiento ocular con  $T = 20$  y  $D = 10$ , un R16B, un GIA, un M20C, un PISSE, y diez T30 de 2 kg.

Elemento 3 = Un R14A, un G1CI, un M24B, y un RLI.

Elemento variable = Se basa en los datos que forman la tabla 14.8.

Obtenga la expresión algebraica para establecer estándares de esta operación para piezas con área de hasta 25 centímetros cuadrados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alford, L.P., y Bangs, John R., *Manual de la producción*, Hispanoamericana, 2a. ed., México, 1969.  
 Barnes, M. Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.  
 Krick, E. V., *Ingeniería de métodos*, Limusa, México, 1977.  
 Maynard, H.B., *Manual de ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1960.  
 Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfa Omega, México, 1990.  
 Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.

## Tiempos predeterminados

Hay una tendencia desafortunada a recargar a los ingenieros por medio de una extensa bibliografía, con técnicas sin fin y procedimientos de análisis matemático. Pocos estudiantes saben que los mejores libros pueden proporcionar nada más una red perecedera con tejido muy abierto, con la cual comienzan a retener su información para poder confiar permanentemente en los datos seleccionados como herramientas.

Una imagen vale por mil palabras.

Proverbio chino

### OBJETIVOS

- Definir qué son los tiempos sintéticos de los movimientos básicos.
- Definir los ocho elementos estándar de trabajo del MTM.
- Definir el sistema MTM.
- Utilizar las tablas del MTM para obtener el tiempo estándar.

## TIEMPOS PREDETERMINADOS: SU IMPORTANCIA

Los **tiempos predeterminados** son una colección de tiempos válidos asignados a movimientos y a grupos de movimientos básicos, que no pueden ser evaluados con exactitud con el procedimiento ordinario del estudio cronométrico de tiempos. Son el resultado del estudio de un gran número de muestras de operaciones diversificadas, con un dispositivo para tomar el tiempo, tal como la cámara de cine, que es capaz de medir elementos muy cortos. Por sus ca-

racterísticas, estos movimientos básicos se pueden agrupar adecuadamente hasta formar elementos completos de operaciones que permiten cuantificar el tiempo de éstos sin necesidad del cronómetro, además de las ventajas de un análisis minucioso del método.

## PRINCIPALES SISTEMAS DE TIEMPOS PREDETERMINADOS

Entre los principales sistemas de tiempos predeterminados se destacan:

1. MTM.
2. WORK – FACTOR
3. GPD (General Purpose Data - Basado en MTM)
4. BMT (Basic Motion Timestudy)
5. MODADPTS

En este capítulo nos enfocaremos en el conocimiento a fondo del sistema MTM, ya que se le puede considerar el estereotipo de los sistemas de tiempos predeterminados.

## EL SISTEMA MTM

El MTM se define como un procedimiento que analiza cualquier operación manual o método con base en los movimientos básicos necesarios para ejecutarlos, asignando a cada movimiento un tiempo tipo predeterminado, que se define por la índole del movimiento y las condiciones en que se efectúa.

Este sistema no se basa sólo en tablas de tiempos para movimientos básicos, sino que también establece las leyes sobre la secuencia de estos movimientos interpretando matemáticamente, casi de la misma manera que las leyes físicas o químicas, los resultados materiales esperados, que pueden presentarse bajo condiciones físicas variables.

El MTM reconoce ocho movimientos manuales, nueve movimientos de pie y cuerpo y dos movimientos oculares. El tiempo para realizar cada uno de ellos se ve afectado por una combinación de condiciones físicas y mentales.

La ley por la que se rige el uso de los movimientos (sus secuencias y combinaciones) se llama *principio de la reducción de movimientos*.

Debe advertirse que el MTM tiene varias limitaciones, entre ellas el hecho de que no abarca elementos controlados de manera mecánica ni movimientos físicamente restringidos de proceso y aspectos similares.

## *Procedimiento para el empleo del MTM*

El empleo del MTM es muy sencillo y su procedimiento puede resumirse en los puntos siguientes:

1. Determinar los micromovimientos básicos que deben utilizarse en la operación que se estudia.

2. Sumar el valor del tiempo dado por las tablas de datos del MTM para cada uno de dichos micromovimientos.
3. Conceder el suplemento por fatiga, retrasos personales y retrasos inevitables.

La dificultad estriba primordialmente en la necesidad de *conocer perfectamente e identificar* todos los micromovimientos básicos necesarios para realizar una operación.

Para lograr estos propósitos es necesario mucho estudio y práctica.

### Tabla de datos del MTM

En las tablas que se encuentran en el apéndice A, que está al final del capítulo se muestran los datos de tiempos del MTM. Una rápida mirada indicará la sencillez del procedimiento.

Por necesidad, las definiciones se generalizan para que abarquen la mayoría de las condiciones. Sin embargo, es preciso una comprensión detallada del MTM para aplicar la técnica a todas las situaciones, pues la interpretación demasiado libre de las definiciones puede conducir a graves errores.

La unidad de tiempo usada es el TMU.\*

$$1 \text{ TMU} = 0.00001 \text{ hora}$$

### Registro del MTM

Para registrar los movimientos y asignar los tiempos correspondientes a la operación analizada se emplea el formato *hoja de análisis de métodos* que se incluye en el apéndice A, que está al final del capítulo. En el registro de los símbolos es importante observar con detalle los convenios:

## GENERALIDADES

El MTM es un sistema para estudiar el trabajo donde los métodos se subdividen en movimientos básicos, a los que se les asignan valores en tiempo predeterminado.

### Movimiento básico

Cualquier movimiento del cuerpo humano o de los miembros del cuerpo utilizado en un sistema de análisis de movimiento es conocido como unidad básica de trabajo.

### Elementos primarios del sistema MTM

1. Un sistema de clasificación de los movimientos básicos.
2. Una serie de símbolos para identificar los movimientos básicos.
3. Valores de tiempos predeterminados de los movimientos básicos.

\* Al final del capítulo se presenta el apéndice A que incluye una tabla de datos MTM.



## Tabla de valores MTM

Esta tabla muestra todos los movimientos básicos utilizados en el sistema MTM así como los diferentes casos encontrados de cada movimiento y nos proporciona los valores de cada uno de dichos movimientos, según la distancia o caso. No se intente aplicar estos datos en ninguna forma, a menos que se esté apropiadamente entrenado para hacerlo. La tabla se adjunta a estas notas. Emplee 4 o 5 minutos en leer la tabla para que se familiarice con ella.

## Tipos de control en la aplicación del MTM

Los movimientos caen bajo dos tipos principales de control:

1. Control de proceso.
2. Control humano.

Solamente los movimientos que en principio están bajo *control humano* son medidos por MTM. Aquí estamos tratando del control de movimientos no limitados o acelerados por algún proceso.

## Niveles de control

### Control bajo

Las características son:

1. Acción automática, poco más que una respuesta aprendida.
2. Control motor mínimo.
3. Falta de coordinación manual-ocular.
4. Confianza en los sentidos subconscientes cinestéticos y de tacto.

*No se requiere la atención visual* del operador cuando se ejecuta un movimiento con control bajo.

### Control mediano

Las características son:

1. Un grado moderado de exactitud en la terminación del movimiento.
2. Coordinación manual-ocular durante el principio del movimiento (no se requiere para terminar el movimiento).

Generalmente no son necesarios tanto el control mental consciente como el control ocular. Se requerirá visión en algún movimiento anterior o durante el movimiento, pero no para terminar el movimiento porque la mano sólo necesita que esté ubicada aproximadamente.

## Control alto

Las características son:

1. Exactitud en el movimiento de terminación.
2. Coordinación manual-ocular sin distracciones (control visual de terminación).
3. Mucha retroinformación sensorial.
4. Dirección mental y ocular consciente.

Se requiere visión al terminar el movimiento. Si los ojos se dirigen hacia otro lugar que no sea el destino antes de que el movimiento se termine, el movimiento no puede realizarse con éxito.

## ALCANZAR

Es el movimiento manual básico efectuado con el fin predominante de transportar la mano o los dedos a un destino. Es necesario tratar directamente sobre tres variables al analizar este movimiento, a saber:

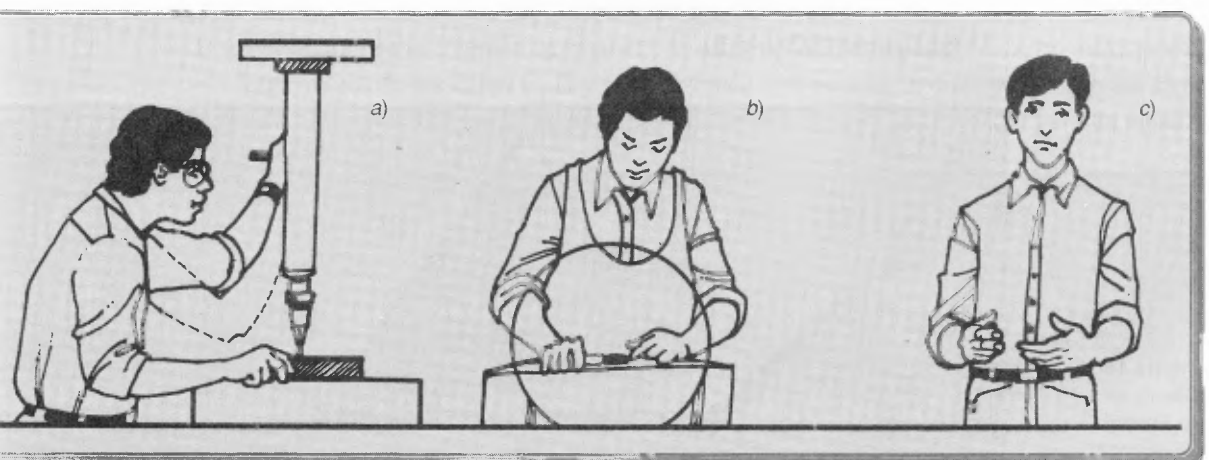
1. Nivel de control (caso).
2. Tipo de movimiento (mano en movimiento).
3. Distancia alcanzada (en cm).

### *Nivel de control (caso)*

Existen los siguientes casos:

1. *Alcanzar (caso A)*. Alcanzar un objeto en un lugar fijo o un objeto en la otra mano en el cual descansa la otra mano (figura 15.1a).

figura 15.1.



Se requiere aclarar que el analista debe estudiar los movimientos con base en su comprensión y no siguiendo a ciegas las reglas específicas de la clasificación.

En seguida se anotan ejemplos que un analista sin comprensión clasificaría cómo *alcanzar caso A*.

Alcanzar un objeto frágil, agudo o flexible, aun cuando esté sostenido en la otra mano.

Un objeto sostenido en la otra mano no debe ser extremadamente pequeño y el punto de coger debe quedar cuando mucho a 8 cm de la mano que está sosteniéndolo. Si el objeto está a más de 8 cm de la otra mano, verificar qué tipo de control se requiere. Es importante recordar que para clasificar un alcanzar, como es el caso de A, debe ejecutarse con un bajo nivel de control.

2. *Alcanzar (caso B)*. Alcanzar un objeto en un lugar que puede variar ligeramente de ciclo a ciclo (figura 15.1b).

Un caso típico es el de alcanzar una herramienta. Se utiliza un control medio.

3. *Alcanzar (caso C)*. Alcanzar un objeto amontonado con otros en un grupo de manera que se deba buscar y seleccionar. Este alcanzar ocurre principalmente cuando se alcanza un pequeño objeto amontonado con otros, como alcanzar una sola tuerca en un grupo de tuercas, etcétera, siempre y cuando los objetos sean razonablemente pequeños. Si los objetos son grandes, como un huevo en un montón de huevos, se utiliza otro tipo de alcanzar (A o B). Lo mismo sucede si el alcanzar es el grupo (se van a tomar varios) y no un solo objeto.

Los objetos amontonados pueden ser idénticos o distintos, pero deben ser fácilmente distinguibles entre sí, si son diferentes. El alcanzar C no incluye tiempo para “andar buscando” un objeto, pues éste debe verse fácilmente (figura 15.1c).

4. *Alcanzar (caso D)*. Alcanzar un objeto muy pequeño o donde se requiere del coger preciso. La característica distintiva del movimiento es que un coger preciso debe seguir a este alcanzar, que a menudo se ejecuta cuando el objeto que se va a sujetar es frágil, filoso, caliente o presenta otros peligros para el operador.
5. *Alcanzar (caso E)*. Alcanzar a una ubicación indefinida para poner la mano en posición para el equilibrio del cuerpo, o para el siguiente movimiento o fuera de lugar. El alcanzar E raramente es un movimiento limitante, nunca precede directamente a un coger.

La representación gráfica de este movimiento, en sus diversos tipos, se presenta en las figuras 15.2 y 15.3.

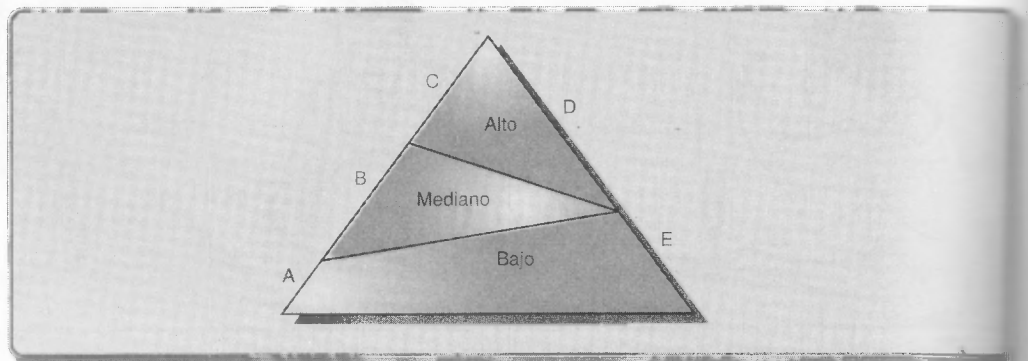


Figura 15.2  
Diagrama  
de control  
de alcanzar.

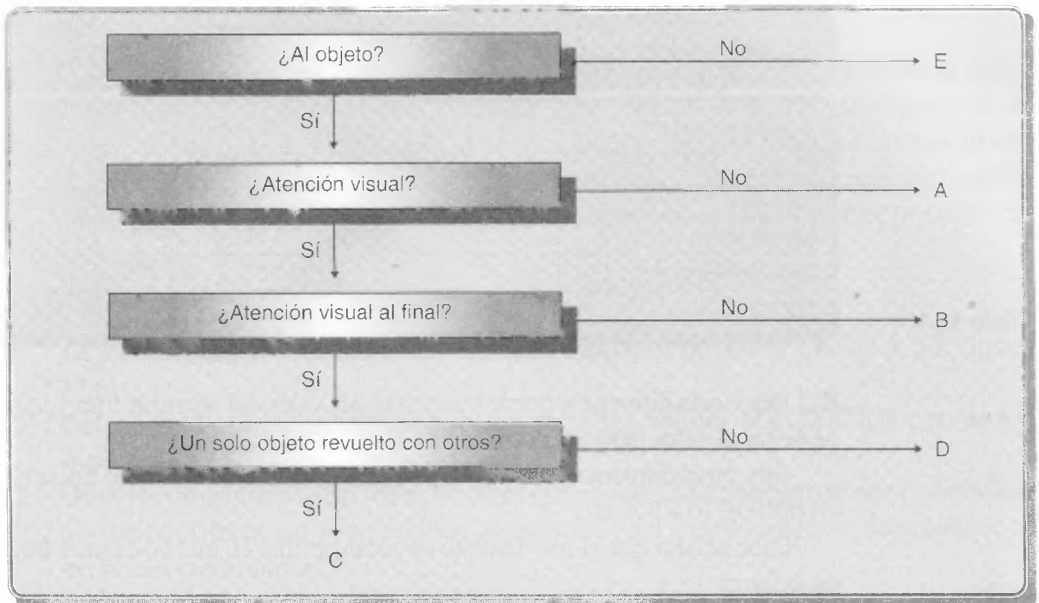


Figura 15.3  
Diagrama  
de estructura  
de alcanzar

## TIPO DE MOVIMIENTO

### Tipo I

La mano en descanso tanto al principio como al final del movimiento. Éste, que es el tipo más común, se muestra en la figura 15.4.

En la tabla de alcanzar en la tarjeta de datos del MTM, las primeras cuatro columnas de datos de tiempo son para movimientos de tipo I. En la sección *símbolos de alcanzar* se anotarán los elementos que integran al alcanzar en los tipos I, II y III.

### Tipo II

Mano en movimiento ya sea al principio o al final del movimiento. Los valores de los casos A y B se encuentran en la columna de la tarjeta de datos del MTM titulada "Mano en movimiento".

Los valores de los casos C, D y E se obtienen con base en la diferencia entre los alcances de tipo I y II; C, D y E de una distancia dada es igual a la diferencia para un alcanzar

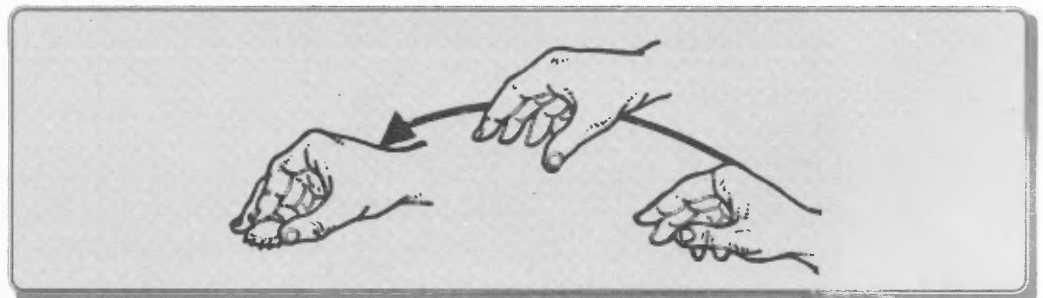


Figura 15.4.

Tabla 15.1.

|                    | SÍMBOLO | TMU |
|--------------------|---------|-----|
| Tomar              | RIOB    | 6.3 |
| Deducir            | mRIOB   | 4.3 |
| Diferencia         |         | 2.0 |
| Luego, tomar       | RIOE    | 6.8 |
| Deducir diferencia |         | 2.0 |
| Resultado          | mRIOE   | 4.8 |

B. Luego, esta diferencia puede deducirse del valor del alcanzar tipo I, casos C, D o E a fin de llegar al valor para un alcanzar tipo II (tabla 15.1).

Este procedimiento puede ilustrarse con el siguiente ejemplo. Encuéntrese el tiempo de un mRIOE (o RIOEm).

Cabe aclarar que el movimiento de alcanzar tipo II, que no es muy frecuente, se muestra en la figura 15.5.

Tipo III

Mano en movimiento tanto al principio como al final del movimiento extremadamente raro. Los valores de los casos A y B tipo III se obtienen de la siguiente manera: deduciendo la diferencia entre el tipo I y el tipo II. Ejemplo: mR6Am (tabla 15.2).

Figura 15.5.

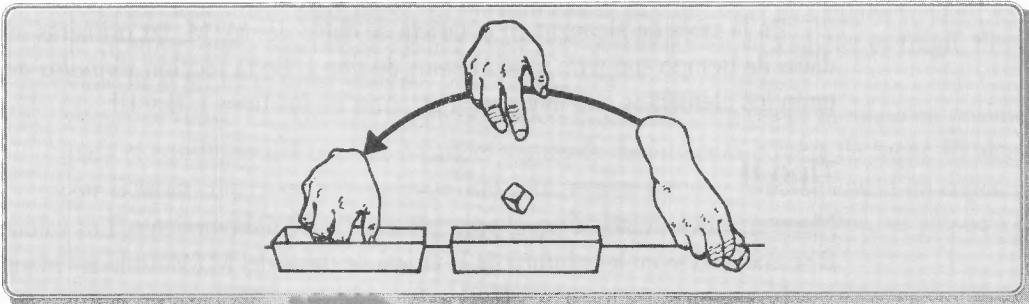


Tabla 15.2.

|                     | SÍMBOLO | TMU |
|---------------------|---------|-----|
| Tómese tipo I       | R6 A    | 4.5 |
| Deducir tipo II     | R6 Am   | 3.9 |
| Diferencia          |         | 0.6 |
| Luego tomar tipo II | R6 Am   | 3.9 |
| Deducir diferencia  |         | 6.6 |
| Resultado           | mR6Am   | 3.3 |

## Distancia

Es la variable que ejerce el mayor efecto sobre el tiempo de ejecución. La distancia se determina midiendo el trayecto de la mano al realizar un alcanzar. Se realiza un movimiento de alcanzar y se notará que el trayecto de la mano es generalmente curvo: éste es el trayecto que se mide. Un punto conveniente de medición de la distancia es el desplazamiento del nudillo en la base del dedo índice. También el alcanzar se puede realizar con los dedos, en cuyo caso la distancia se mide en la yema del dedo.

El alcanzar algunas veces es ayudado por movimientos de:

1. La muñeca. Según la distancia correcta a considerar es de A a C y no de A a B (figura 15.6).
2. Del cuerpo. Según se muestra la distancia correcta a considerar es de C a B y no de A a B (figura 15.7.)
3. Otros movimientos básicos. El alcanzar se ejecuta simultáneamente con otros movimientos básicos tales como girar, caminar paso lateral y así en consecuencia, aspectos que se verán con posterioridad.

Por lo general, la forma más conveniente de medir la distancia es mediante una cinta de acero flexible. Cuando no se requiere una exactitud estricta, se puede estimar cuidadosamente

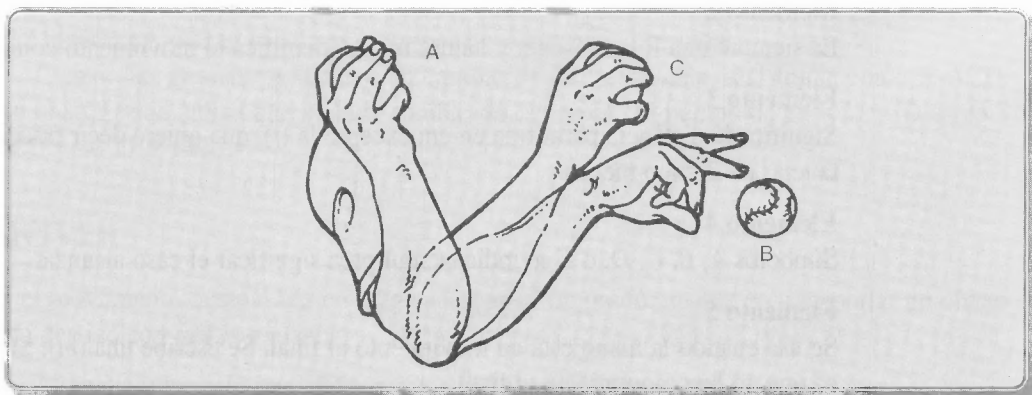


Figura 15.6.

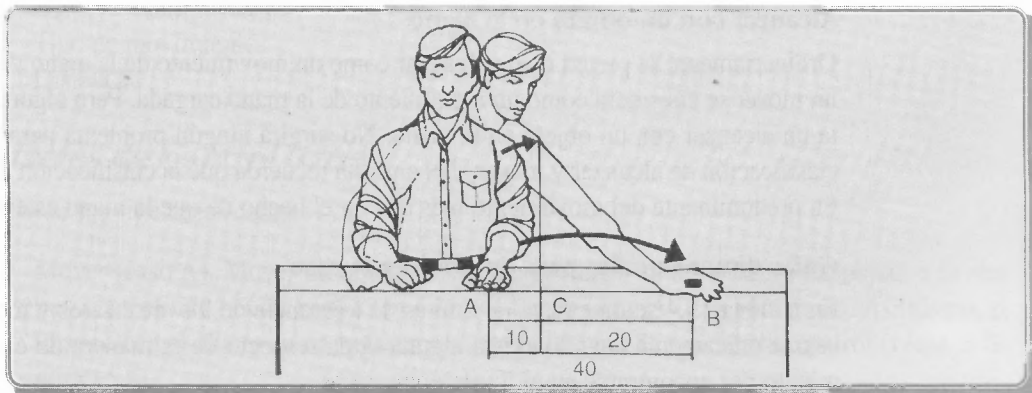


Figura 15.7.

Tabla 15.3.

| TIPO DE MOVIMIENTO | ELEMENTO |   |   |   |   | SÍMBOLO |
|--------------------|----------|---|---|---|---|---------|
|                    | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 |         |
| Tipo I             |          | R | 6 | A |   | R6A     |
| Tipo II            | m        | R | 6 | A |   | mR6A    |
| o                  |          | R | 6 | A |   | R6Am    |
| Tipo III           | m        | R | 6 | A | m | mR6Am   |

la distancia. Para las distancias intermedias que no aparecen en la tarjeta de datos del MTM desde 30 a 80 cm, se interpolan los valores, y para distancias mayores de 80 cm se extrapolan.

### ***Símbolos de alcanzar***

Observe la tabla 15.3.

#### **Elemento 1**

Se usa únicamente cuando la mano está en movimiento al principio de un alcanzar. Es siempre una (*m*) minúscula. Su ausencia significa que el alcanzar no está en movimiento al principio.

#### **Elemento 2**

Es siempre una *R* mayúscula y naturalmente identifica el movimiento como un alcanzar.

#### **Elemento 3**

Significa la distancia permitida en cm excepto la (*f*), que quiere decir fraccional, esto es distancias de 2 cm o menos.

#### **Elemento 4**

Símbolos *A*, *B*, *C*, *D*, o *E* se indican aquí para significar el caso alcanzar.

#### **Elemento 5**

Se usa cuando la mano está en movimiento al final. Se escribe una (*m*). Su ausencia significa que no hay movimiento al final.

#### **Alcanzar con un objeto en la mano**

Ordinariamente se piensa de un alcanzar como un movimiento de la mano vacía, mientras que un mover se considera como un movimiento de la mano cargada. Pero algunas veces se ejecuta un alcanzar con un objeto en la mano. No surgirá ningún problema para decidir entre una clasificación de alcanzar y mover si el analista recuerda que la clasificación debe basarse en el fin predominante del movimiento más que en el hecho de que la mano este vacía o cargada.

#### **Guías dimensionales para determinar el caso**

En la tabla 15.4 se muestran los límites de tolerancia de los alcanzares y moveres. Ésta debe usarse únicamente cuando exista alguna duda respecto de la manera de clasificar un movimiento por encontrarse en el límite entre casos.

Tabla 15.4.

| MOVIMIENTO                                                         | LÍMITE DE TOLERANCIA |            |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------|------------|
|                                                                    | SUPERIOR             | INFERIOR   |
| R-B<br>M-B                                                         | Ninguno              | $\pm 6$ mm |
| R-D<br>M-C                                                         | $\pm 6$ mm           | $\pm 3$ mm |
| R-D Seguido por un coger completo<br>M-D Seguido por un posicionar | $\pm 3$ mm           | Ninguno    |

Generalmente es mucho más eficiente clasificar movimientos dando atención a la característica de control.

### Cambio de dirección

Se considera generalmente que un movimiento cambia de dirección cuando el trayecto del movimiento cambia aproximadamente  $90^\circ$  o más dentro de un radio de 15 cm. El cambio de dirección no tiene efecto en la mayoría de los casos de alcanzar y mover. La única excepción es el alcanzar A que se hace más lento por un cambio de dirección.

Cuando un alcanzar A incluye un cambio de dirección debe registrarse como R-ACD, con una CD que indica que incluye cambio de dirección. El tiempo de un R75ACD es 25.5 TMU y no 17.3 TMU.

## MOVER

Es el movimiento manual básico efectuado con el fin predominante de transportar un objeto a un destino con dedos o mano.

Al analizar los moveres, debe tratarse directamente con cuatro variables, que son:

1. Nivel de control (caso)
2. Tipo de movimiento
3. Distancia

### Niveles de control (casos)

Existen los siguientes casos:

1. Mover (caso A). Mover un objeto a otra mano contra un tope. Mover el objeto a la otra mano a menudo ocurre conjuntamente con un alcanzar A de la otra mano. Asimismo, el tope coloca el objeto en un lugar exacto sin necesidad de usar el alto control (véase la figura 15.8).



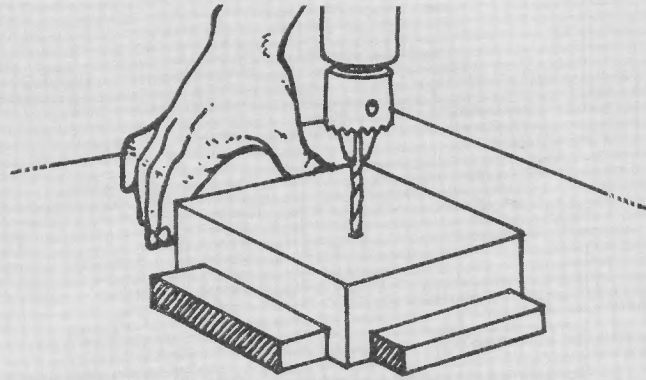


Figura 15.8.

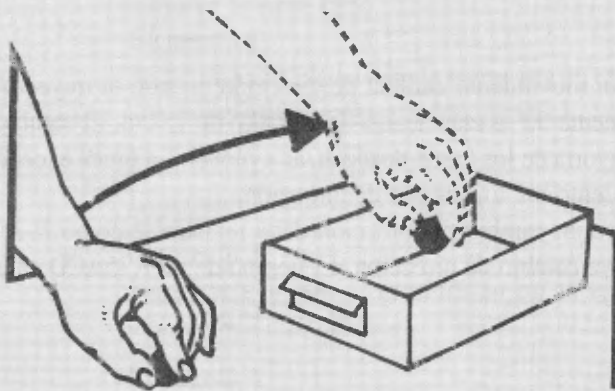


Figura 15.9.

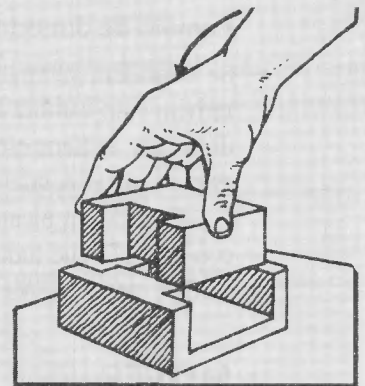


Figura 15.10.

2. Mover (caso B). Mover el objeto hacia un lugar aproximado o definido. Es ejecutado con un control bajo o mediano. Además, es el caso más frecuentemente encontrado (véase la figura 15.9).
3. Mover (caso C). Mover un objeto a un destino o situación exacta, ejecutado con alto control. El mover C se completa usando tanto la vista como la concentración (véase la figura 15.10).

## TIPO DE MOVIMIENTO

Lo expuesto sobre los tipos de movimiento en el apartado 15.6 de alcanzar también se aplica al mover.

## Distancias del movimiento

Lo explicado sobre las distancias del movimiento en el apartado de alcanzar también se aplica al mover.

## Peso o resistencia

El aumento del peso o resistencia en un mover tiene el efecto de aumentar el tiempo de su ejecución.

## Peso neto efectivo (PNE)

Es igual a la resistencia encontrada por una sola mano al efectuar un mover. Cuando un mover con peso se realiza con ambas manos, el PNE será generalmente la mitad de la resistencia total de cada mano y en la hoja de análisis se mostrará tanto en la columna izquierda como en la derecha.

Para los moveres especiales el PNE es igual al peso del objeto.

Para los moveres en deslizamiento, el PNE es igual al peso del objeto multiplicado por el coeficiente de fricción. El peso nominal es de 2 kg o menos.

## Componentes del mover con peso componente estático

Es el tiempo requerido para la tensión muscular que debe ejercerse a un nivel que resulta en el movimiento del objeto que va a moverse. Ocurre antes de que se mueva el objeto.

La fórmula para encontrar el valor del componente estático es la siguiente:

$$TMU = 0.475 + 0.761 \text{ PNE}$$

La clave para identificar el movimiento de una mano como un mover es reconocer que la mano o los dedos están realizando algún tipo de trabajo en el momento de moverse, es decir, cuando la mano se usa como si fuera herramienta.

## Símbolos del mover

Observe la tabla 15.5:

| TIPO DE MOVIMIENTO | ELEMENTO |   |   |   |   |   | SÍMBOLO |
|--------------------|----------|---|---|---|---|---|---------|
|                    | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |         |
| Tipo I             |          | M | 8 | B | 5 |   | M8B5    |
|                    |          | M | 8 | B |   |   | M8B     |
| Tipo II            | m        | M | 8 | B | 5 |   | mM8B5   |
| o                  |          | M | 8 | B | 5 | m | M8B5m   |
| Tipo III           | m        | M | 8 | B | 5 | m | mM8B5m  |

Tabla 15.5.

**Elemento 1**

Se usa únicamente cuando la mano está en movimiento al principio de un mover. Es siempre una (*m*). Su ausencia significa que el mover no está en movimiento al principio.

**Elemento 2**

Siempre es una *M* mayúscula, que quiere decir mover.

**Elemento 3**

Significa la distancia permitida en cm, excepto la (*f*), que quiere decir fraccional, esto es, una distancia de 2 cm o menos.

**Elemento 4**

Los símbolos *A*, *B*, *C* se indican aquí para significar caso de mover.

**Elemento 5**

El PNE se presenta aquí en kg; usualmente, el aumento más cercano es de 2 kg. La ausencia significa un mover con sólo peso nominal.

**Elemento 6**

Se usa únicamente cuando la mano está en movimiento al final. Se escribe una (*m*).

Su ausencia significa que no hay movimiento al final.

**Guías dimensionales para determinar el caso**

(Véase lo tratado en el punto alcanzar.)

**MOVIMIENTOS DE MARTILLO**

El golpe hacia abajo es un M-A. A veces podría ser un M-C cuando se utiliza un pequeño martillo para tachuelas. El golpe hacia arriba es generalmente un M-B. Si el martilleo es sobre superficie elástica, el golpe hacia abajo es M-A, mientras que el golpe hacia arriba es un mM-B.

Debe tenerse cuidado cuando se mide la longitud de los golpes del martillo. La distancia real es la distancia movida por un nudillo de la mano menos cualquier movimiento impartido por la acción de la muñeca.

También se pueden obtener estos valores ya tabulados en la tarjeta de datos del MTM en la columna "constante" de la tabla de mover. Los valores dados de esta columna se han calculado para resistencias de 1 kg menores que los valores mostrados en la columna titulada "hasta" con el fin de dar valores para el punto medio del intervalo y así promediar las diferencias positivas y negativas originadas por redondear el incremento más cercano a 2 kg.

El componente estático no ocurre si el objeto ya está bajo el control del operador.

**Componente dinámico**

Es el tiempo durante el cual el objeto está moviéndose hacia un nuevo lugar.

La fórmula para encontrar el valor del componente dinámico es la siguiente:

$$TMU = X(1 + 0.024 \text{ PNE})$$

En donde:

$X$  = el valor en TMU de un mover con peso nominal.

También se puede determinar el tiempo multiplicando los TMU de un mover sin peso por la cifra que aparece en la columna "factor" de la tabla del mover hasta el respectivo PNE.

*Tiempo total de mover*

Componente estático + Componente dinámico = Tiempo total de mover

### **Diagrama de control de mover**

En las figuras 15.11 y 15.12 se muestra el diagrama de mover y el de la estructura de mover.

## **GIRAR**

Es el movimiento manual básico efectuado al hacer girar la mano vacía o llena sobre el eje longitudinal del antebrazo.

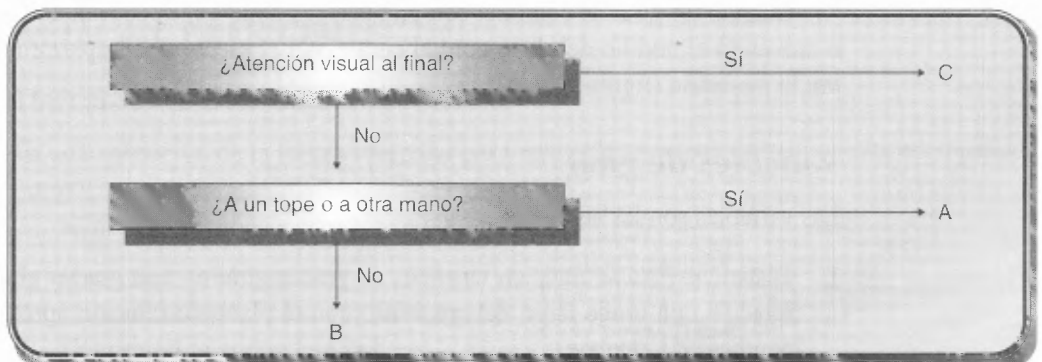
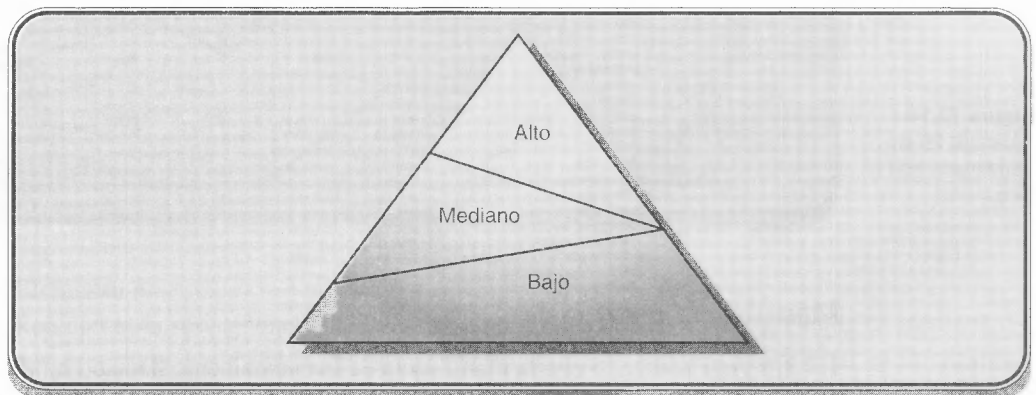


Figura 15.11  
Diagrama de  
control de  
mover.

Figura 15.12  
Diagrama de  
estructura de  
mover.

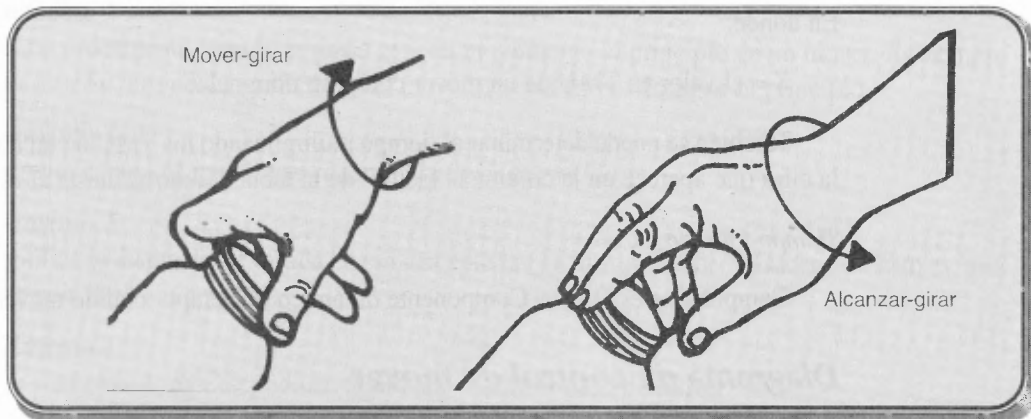


Figura 15.13.

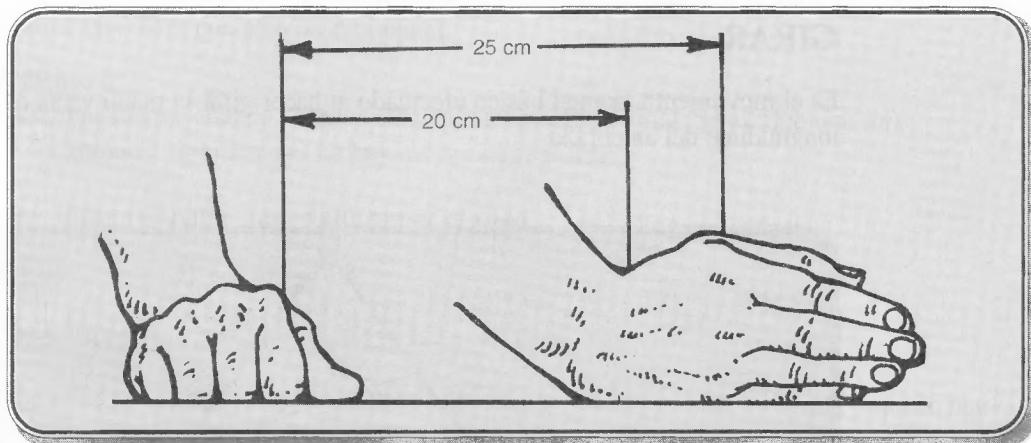


Figura 15.14  
Alcanzar 25 cm  
combinado con  
T90.

### Mano vacía o cargada

1. Un girar realizado con la mano vacía es frecuentemente llamado un alcanzar-girar.
2. Un girar con la mano cargada es un mover-girar, como se ve en la figura 15.13.

Cuando un girar se combina con un alcanzar o mover, es conveniente medir el alcanzar o mover en el nudillo del dedo cordial para evitar el efecto del desplazamiento del girar sobre la medición (figura 15.14).

### Variables de girar

Las variables son las siguientes:

1. Distancia. Ésta se mide en términos de grados girados. Los grados girados se miden en relación con el eje largo del antebrazo con el plano de rotación aproximadamente perpendicular a este eje.

Tabla 15.6.

| ELEMENTO |     |   |                  | SÍMBOLOS |
|----------|-----|---|------------------|----------|
| 1        | 2   | 3 |                  |          |
| T        | 90° |   | (Alcanzar-girar) | T90      |
| T        | 90° | S | (Mover-girar)    | T90 S    |
| T        | 90° | L | (Mover-girar)    | T90 L    |
| T        | 90° | M | (Mover-girar)    | T90 M    |

2. Resistencia. Debido a lo poco frecuente del mover-girar con resistencia mayor de 1 kg, se ha clasificado en cuatro categorías, que rinden resultados satisfactorios para determinar el tiempo para el girar. Estas categorías son:
- Sin resistencia: mano vacía.
  - Pequeña: hasta 1 kg.
  - Mediana: de 1.1 a 5 kg.
  - Grande: de 5.1 a 16 kg.

### *Símbolos de girar*

Analice los datos descritos en la tabla 15.6.

#### **Elemento 1.**

Siempre es *T* y quiere decir girar.

#### **Elemento 2.**

Representa el número de grados girados.

#### **Elemento 3.**

Representa la resistencia vencida durante un girar *S* que es pequeña, *M* que es mediana o *L* que es grande. La ausencia de este elemento en la clave indica que el girar es un alcanzar-girar, esto es, que no se sostiene ningún objeto en la mano.

## **APLICAR PRESIÓN**

### **Únicamente con las manos**

Es una aplicación de la fuerza muscular para vencer la resistencia de un objeto, acompañada por poco o ningún movimiento.

El aplicar presión se caracteriza por:

- Pausa corta o titubeo.
- La tensión de los músculos del operador.
- Exprimir o jalar con la mano.

*Centro de Información*

## ***Los casos de aplicar presión***

### **Aplicar presión 1 (AP1)**

Ocurre con más frecuencia cuando se requiere una presión pesada. También es necesario la reorientación o ajuste del miembro del cuerpo para evitar incomodidad o daño a sí mismo o el acondicionamiento preliminar de los músculos para exprimir o apretar en otra forma el objeto que lo requiera. AP1 es esencialmente un AP2 precedido por un volver a coger (G2). Valor constante de 16.2 TMU.

### **Aplicar presión 2 (AP2)**

Igual que el AP1, salvo que la orientación o ajuste del miembro del cuerpo o el acondicionamiento preliminar de los músculos no se requiera. Valor constante de 10.6 TMU.

## ***Aplicación***

No toda aplicación de fuerza que se analiza como AP debe incluirse en el análisis de un trabajo como uno de los movimientos básicos que se requieren durante su ejecución, si la aplicación de la fuerza se incluye en algún otro movimiento básico.

Los golpes con la mano o dedos no requieren un AP, pero los golpes débiles del cuerpo algunas veces lo exigen para aplicar fuerza en operaciones que no lo requerirían si se utilizara un miembro más fuerte del cuerpo.

## **COGER**

Es el movimiento manual básico de los dedos o la mano, empleado para asegurar el control de un objeto.

Cuando se logra el control por medio mecánico o por algún otro miembro del cuerpo, el movimiento o movimientos no se clasifican como coger. Por ejemplo, ganar control de un objeto por medio de pinzas, según se muestra en la figura 15.15.

## ***Los casos del coger***

**Caso G1.** Se clasifica de la siguiente manera:

1. **G1A.** Un objeto solo, pequeño, mediano o grande, cogido fácilmente. La forma más sencilla para reconocer este coger es recordar que se ejecuta con el cerrar de los dedos. El objeto debe estar retirado de cualquier estorbo y ser fácil de coger (figura 15.16).
2. **G1B.** Un objeto muy pequeño, un objeto que esté cerca y sobre una superficie plana. Existe una interferencia causada por la superficie sobre la cual el objeto que va a cogerse está colocado o por los objetos muy pequeños, que ocasionan una obstrucción a los dedos (figura 15.17).
3. **G1C.** Interferencia con el coger en el fondo y un lado de un objeto casi cilíndrico (figura 15.18). Se subdivide en:

- a) G1C1. Diámetro mayor de 12 mm.
- b) G2C2. Diámetro de 6 a 12 mm.
- c) G3C3. Diámetro menor de 6 mm.

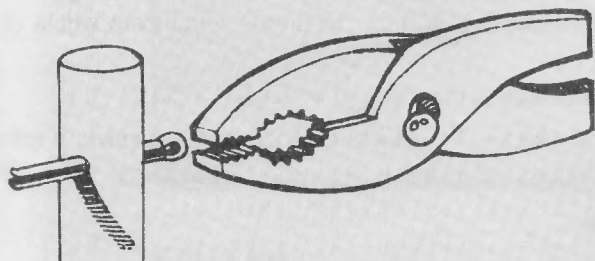


Figura 15.15.

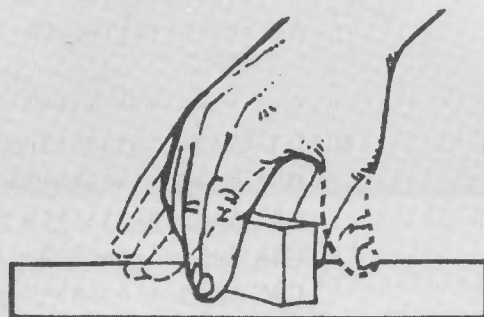


Figura 15.16.

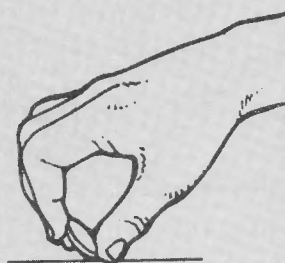


Figura 15.17.

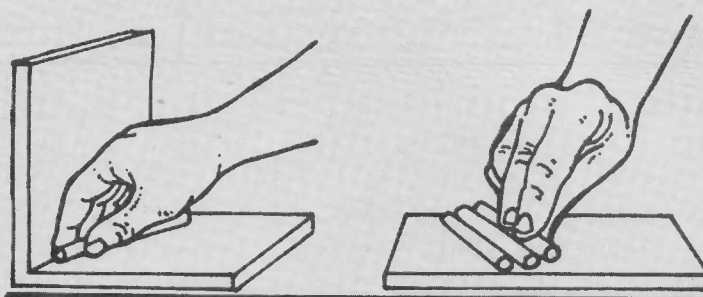
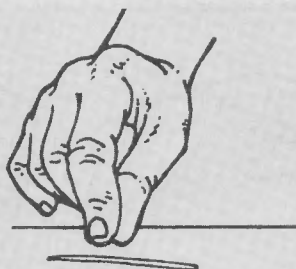


Figura 15.18.



4. **G2.** Volver a coger. Se utiliza para mejorar el control sobre un objeto cogido. A menudo se limita debido a la ejecución de un mover (figura 15.19).
5. **G3.** Coger por transferencia. Ocurre cuando un objeto fácilmente cogido se pasa de una mano a otra, según se muestra en la figura 15.20.  
Implica tres elementos distintos:
  - a) Coger. Los dedos de la mano que recibe son cerrados en la pieza con un coger G1A.
  - b) Tiempo de reacción. Darse cuenta que la pieza ha sido seguramente sujeta (1.6 TMU).
  - c) Los dedos de la mano que pasa sueltan la pieza con un RL1.
6. **G4.** Objeto amontonado con otros objetos, de manera que ocurra la búsqueda y selección. Depende del tamaño de las piezas, se realiza la siguiente clasificación:
 

G4A Mayor de  $25 \times 25 \times 25$  mm.

G4B Tamaño entre G4A y G4C.

G4C Menor de  $6 \times 6 \times 3$  mm.
7. **G5.** Coger por contacto, deslizante o por gancho. En realidad no es del todo un movimiento, sino un término descriptivo que indica que un objeto ha sido tocado por las manos o dedos (figura 15.21). Valor = 0 TMU.



Figura 15.19



Figura 15.20

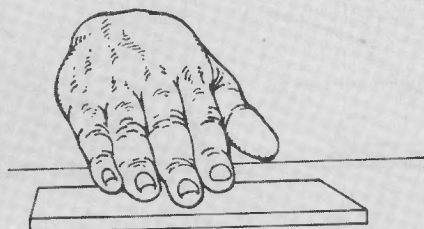
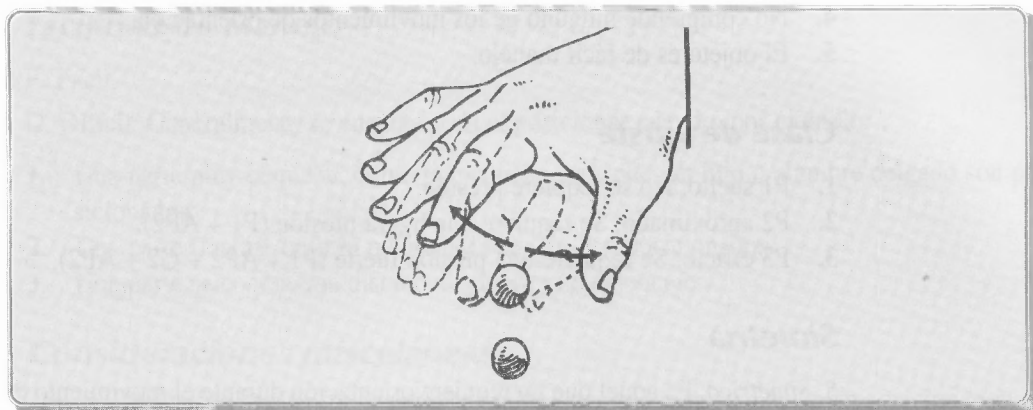


Figura 15.21



## SOLTAR

Es el movimiento básico de dedos o manos empleado para dejar el control de un objeto.

Los casos de soltar son:

1. **Caso RL1.** Soltar normal ejecutado abriendo los dedos. Realizado con un RfE (figura 15.22).
2. **Caso RL2.** Soltar de contacto. Es de naturaleza muy semejante a la de coger de contacto; G5 no consume tiempo.

## POSICIONAR

Es el movimiento manual básico efectuado para llevar un objeto a una relación exacta (alinear, orientar o encajar), predeterminada con otro objeto.

### *Los posicionar de inserción*

Las variables de importancia en el posicionar de inserción son:

1. Alinear (PISE)
2. Clase de ajuste
3. Simetría
4. Facilidad de manejo

**PISE.** Es el elemento básico del posicionar sobre el cual se basan todos los demás valores de posicionar. Se efectúa con un alto nivel de control. Se caracteriza como sigue:

1. Tolerancias de la acción final lo suficientemente flojas para que no se requiera presión para colocar el objeto en su destino final.
2. Comprende el encaje primario y el encaje secundario hasta 2.5 cm de inserción.
3. Comprende movimientos de alineamiento que ocurren durante la porción de posicionar del movimiento total de colocación.

4. No comprende ninguno de los movimientos de orientación.
5. El objeto es de fácil manejo.

### *Clase de ajuste*

1. P1 suelto. No se requiere presión.
2. P2 aproximado. Se requiere una ligera presión ( $P1 + AP2$ ).
3. P3 exacto. Se requiere una presión fuerte ( $P1 + AP2 + G2 + AP2$ ).

### *Simetría*

*S. Simétrico.* Es aquel que no requiere orientación durante el movimiento de posicionar. Véase figura 15.23.

*SS. Semisimétrico.* Toda simetría menos los simétricos o no simétricos (figura 15.24).

*NS. No simétrico.* El objeto puede insertarse en solamente una forma sobre el eje de orientación (véase figura 15.25).

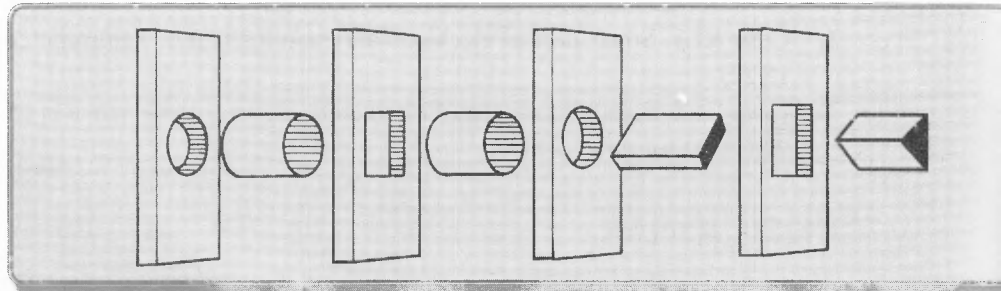


Figura 15.23.

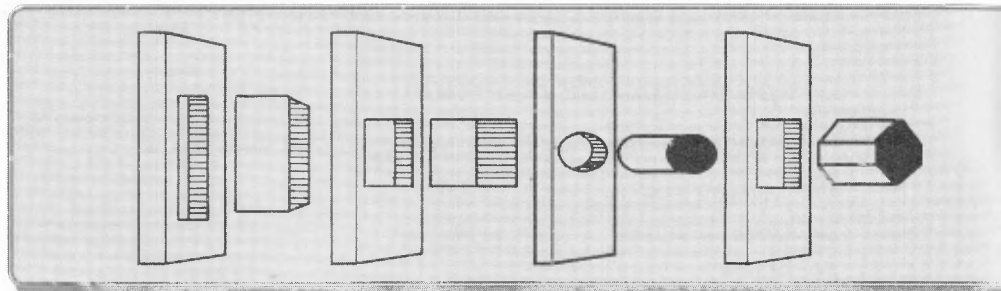


Figura 15.24.

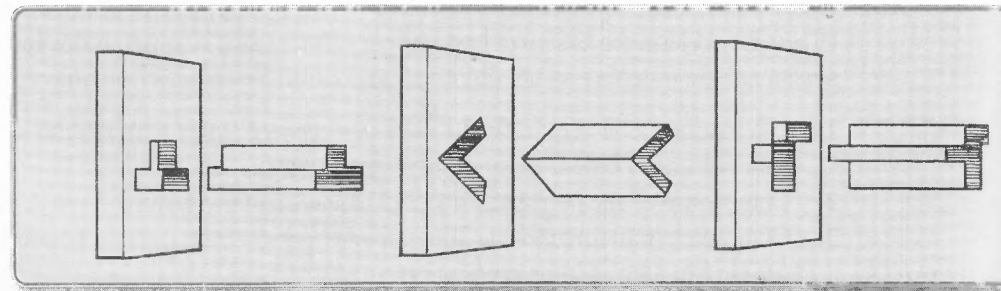


Figura 15.25.

## Facilidad de manejo

E. Fácil.

D. Difícil. Generalmente se encuentra en el posicionar cuando, por ejemplo:

1. Una parte muy pequeña, como un pequeño remache, un hilo o alambre delgado son posicionados.
2. Una parte flexible un hilo o alambre delgado son posicionados.
3. Una parte se coge a una distancia del extremo de encaje.

## Consideraciones misceláneas

A veces el analista encuentra posicionar múltiples, o sea, ocurre más de un posicionar en un objeto. Por ejemplo, cuando se acoplan dos partes, ocurre con algunas aristas concéntricas en la cavidad por la que debe pasar el objeto antes de que esté asentado totalmente.

El analista, sencillamente, debe estar alerta y analizar cualesquiera movimientos que se requieran para acentuar la parte.

Para inserciones mayores de 2.5 cm por lo general es un mover y debe analizarse de acuerdo con los principios fijados en el capítulo de mover, ya que los valores del posicionar únicamente comprenden el tiempo para la inserción hasta 2.5 cm.

## Posicionar de superficie

Son los que no incluyen un encaje secundario. La colocación de la punta de un lápiz en la intersección de dos líneas, según se muestra en la figura 15.26, es un posicionar de superficie.

Los posicionar de superficie se analizan como sigue:

| TOLERANCIA DE LA ACCIÓN FINAL |   |       | ANÁLISIS |
|-------------------------------|---|-------|----------|
| $\pm 3$ mm                    | a | +1 mm | P1-      |
| $\pm 1$ mm                    | y | menos | P2-      |

Los posicionar y múltiples de superficie a menudo ocurren en los casos en que partes grandes o razonablemente grandes van a ser posicionadas. Por ejemplo, cuando una regla va a ser posicionada a dos puntos a 20 cm, se requerirá un posicionar en cada punto.

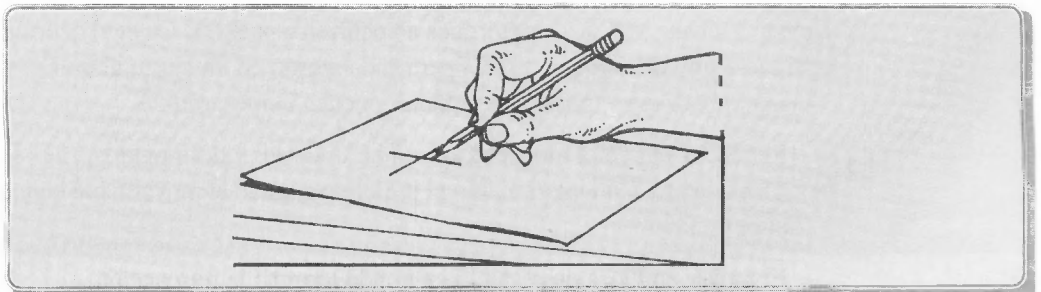


Figura 15.26.

## DESMONTAR

Es el movimiento manual básico efectuado para separar objetos, que se caracteriza por un movimiento involuntario ocasionado por la terminación repentina de la resistencia.

### *Variables que afectan el desmontar*

El desmontar es afectado por las siguientes cuatro variables:

1. Clase de ajuste.
2. Facilidad de manejo.
3. Cuidado de manejo.
4. Atorón.

### *Clase de ajuste*

Las clases de ajuste se distinguen unas de otras por la cantidad de fuerza requerida para separar las partes y la longitud de la subsecuente retroacción.

- D1. Suelto retroacción máxima –5 cm.
- D2. Flojo retroacción máxima –12.5 cm.
- D3. Duro retroacción mayor de 12.5 cm.

### *Facilidad de manejo*

- E. Fácil de manejar. El objeto puede desmontarse sin cambiar en forma alguna el coger.
- D. Difícil de manejar. El coger debe cambiar durante el desmontarse.

*Cuidado de manejo.* Existe para evitar daño a los objetos que están siendo separados o puede ser necesario si pudiera causar algún daño a la mano debido a una retroacción no controlada.

- Cuando ocurra en el D1, úsese el D2.
- Cuando ocurra en el D2, úsese el D3.
- Cuando ocurra en el D3, cámbiese el método.

### *Atorón*

Debido a un ajuste flojo, los atorones no ocurren con el D1. Cuando ocurren atorones con D2, agréguese un volver a coger (G2) para cada atorón en un ajuste de tres.

Los mover que siguen al desmontar pueden empezar en:

- a) Reposo. Cuando el mover es en rumbo opuesto al desmontar.
- b) Movimiento. Con movimiento al principio cuando el mover tiene la misma dirección que el desmontar.

El mover empieza en el punto en donde termina la retroacción.

## MANIVELA

Es el movimiento manual básico ejecutado con los dedos, mano, muñecas, antebrazo, en un trayecto circular con el antebrazo pivoteando en el codo.

### *Variables de la manivela*

1. Tamaño de la manivela
2. Número de revoluciones
3. Resistencia (en kg)
4. Método de ejecución

### *Tamaño de la manivela*

El tamaño de la manivela es el diámetro del trayecto de la mano, usualmente medido en la base del dedo índice (figura 15.27).

Debe tenerse cuidado de no usar el diámetro de la rueda cuando no corresponda estrechamente con el diámetro del trayecto de la mano (figura 15.28).

## Número de revoluciones

Un movimiento de manivela se considera que tiene efecto solamente si hay una media revolución o más. Si se gira un volante a menos de media revolución, el movimiento se analiza como un mover.

### *Resistencia*

Los datos del componente estático y dinámico de la tabla del mover, son aplicables al movimiento de manivela. Se tienen dos casos:

1. Movimientos continuos de manivela.

Procedimiento:

- a) Determine el tiempo por revolución de la tabla de manivela.
- b) Multiplique el tiempo de revolución por el número de revoluciones.
- c) Agregue el tiempo de iniciar y pasar de la tabla de manivela.

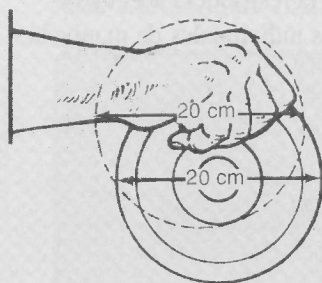


Figura 15.27.

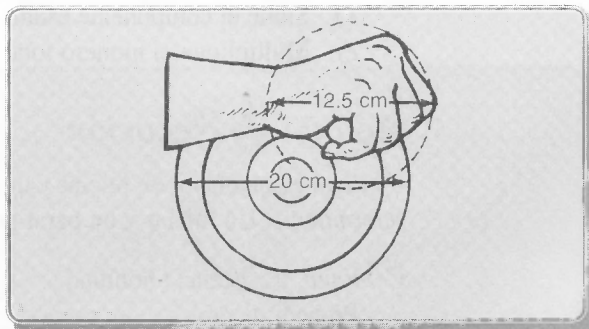


Figura 15.28.

Tabla 15.7 Movimiento de manivela.

| DIÁMETRO DE MOVIMIENTO<br>DE MANIVELA | TIEMPO POR REVOLUCIÓN<br>RESISTENCIA NORMAL<br>MOVIMIENTO TIPO II |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| CENTÍMETROS                           | TMU                                                               |
| 2.5                                   | 8.5                                                               |
| 5.0                                   | 9.7                                                               |
| 7.5                                   | 10.6                                                              |
| 10.0                                  | 11.4                                                              |
| 12.5                                  | 12.1                                                              |
| 15.0                                  | 12.7                                                              |
| 17.5                                  | 13.2                                                              |
| 20.5                                  | 13.6                                                              |
| 22.5                                  | 14.0                                                              |
| 25.0                                  | 14.4                                                              |
| 30.0                                  | 15.0                                                              |
| 35.0                                  | 15.5                                                              |
| Tiempo de empezar y parar             | 5.2 TMU                                                           |

- d) Multiplique el punto 3 por el adecuado factor de la tabla de mover.
- e) Sume el componente estático del mover a la resistencia adecuada (se encuentra en la columna constante TMU de la tabla de mover).

## 2. Movimientos intermitentes de manivela.

Procedimiento:

- a) Determine el tiempo de una revolución de la tabla de movimiento de manivela (tabla 15.7).
- b) Sume el tiempo de iniciar y parar de la tabla de movimiento de manivela.
- c) Multiplique el punto 2 por el factor adecuado de la tabla de mover.
- d) Sume el componente estático del mover de la resistencia adecuada.
- e) Multiplique el número total de movimientos individuales de manivela.

## Método de ejecución

*Continuo.* Solamente un iniciar y un parar.

*Intermitente.* Un iniciar y un parar por cada revolución.

*Continuo.* Resistencia nominal.

Procedimiento:

1. Determinar el tiempo de revolución de la tabla manivela.

2. Multiplicar el tiempo de revolución por el número de revoluciones.
3. Sumar el tiempo de iniciar y de parar de la tabla de manivela.

*Intermitente. Resistencia nominal.*

Procedimiento:

1. Determine el tiempo de una revolución de la tabla manivela.
2. Agregue el tiempo de iniciar y parar de la tabla de manivela.
3. Multiplique por el número total de revoluciones.

### ***Fórmulas para determinar el tiempo de movimiento de manivela***

Las siguientes fórmulas pueden usarse para calcular el tiempo de manivela cuando se considere:

$T$  = el tiempo por revolución de la tabla de movimiento de manivela.

$N$  = número de revoluciones.

$F$  = factor para el componente dinámico de la tabla mover.

$C$  = constante para el componente estático de la tabla mover.

Movimiento continuo de manivela

$$\text{Resistencia nominal} = NT + 5.2$$

Movimiento intermitente de manivela

$$\text{Resistencia nominal} = N (T + 5.2)$$

Movimiento continuo de manivela

$$\text{Resistencia importante} = F (NT + 5.2) + C$$

Movimiento intermitente de manivela

$$\text{Resistencia importante} = NF (T + 5.2) + C$$

## **TIEMPO OCULAR**

Recorrido ocular. Es el movimiento básico que se emplea para cambiar el eje de visión de un lugar a otro (figura 15.29).

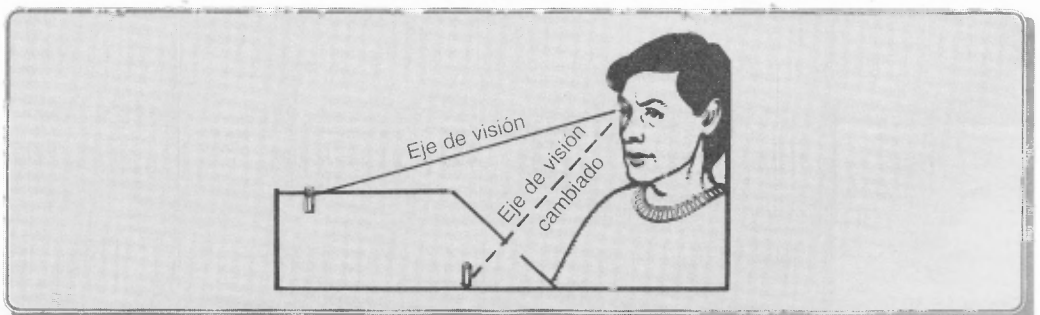


Figura 15.29.



## Métodos para ejecutar el recorrido ocular

Puede ejecutarse en cualquiera de las siguientes tres formas:

1. Voltear únicamente los ojos.
2. Voltear únicamente la cabeza.
3. Voltear tanto la cabeza como los ojos.

Los datos del recorrido ocular son válidos para cada uno de los tres métodos.

### Medición del recorrido ocular

1. Multiplique los grados por 0.285 TMU hasta 20 TMU como un total máximo. Se presenta de la siguiente manera:

Recorrido ocular de 30 grados = ET30

2. Mida la distancia entre los puntos y hasta los cuales viaja el ojo, y la distancia perpendicular desde el ojo a la línea real o imaginaria entre los dos puntos y use la fórmula que está en la tarjeta de datos MTM. El símbolo del recorrido ocular de la distancia entre puntos es de 50 cm y la distancia a la línea es de 45 cm: ET 50/45 (figura 15.30).

## Enfoque ocular

Es el elemento básico visual-mental de mirar hacia un objeto, durante el tiempo que sea suficiente para determinar una característica fácilmente visible. Si las piezas fueran razonablemente grandes podrían requerirse varios enfoques oculares. Para todo fin práctico, el enfoque ocular ocurre sólo cuando los ojos están inmóviles. El símbolo para enfoque ocular es  $\text{E}$  y el tiempo de ejecución es 7.3 TMU.

*Lectura.* Ocurre como una serie de recorridos y enfoques oculares. El valor de tiempo satisfactorio de la mayoría de las lecturas que se encuentran en la industria es de 5.05 TMU por palabra (330 palabras por minuto).

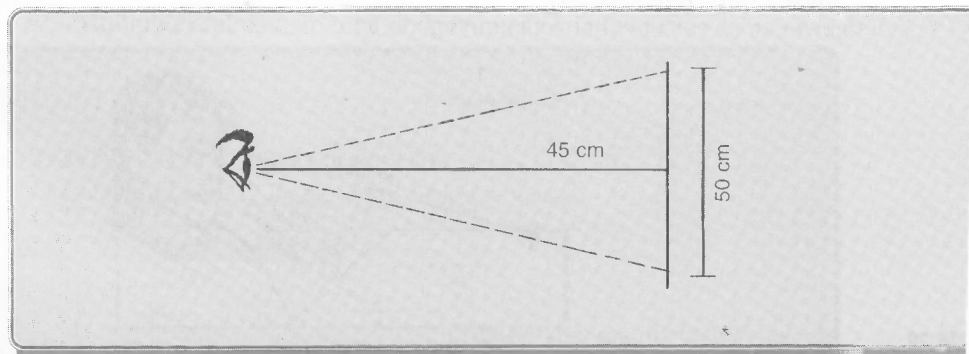


Figura 15.30.

## Transportes del cuerpo

**Caminar.** Es el movimiento del cuerpo hacia adelante o hacia atrás, ejecutado con pasos alternados.

**Variables.** Se consideran dos variables, a saber:

1. Obstrucción.
2. Carga.

**Obstrucción.** Se clasifica en:

- a) Sin obstrucción. Caminar sobre una superficie firme, relativamente libre de obstrucciones.
- b) Con obstrucción. Caminar en zonas de trabajo congestionadas o en las que la longitud del paso se restringe artificialmente.

**Carga.** El principal efecto del aumento de peso de cargas llevadas o empujadas por un operador es acortar la longitud del paso.

## Símbolos de caminar

### Elemento 1.

Identifica el movimiento como un caminar con la letra W de la tabla 15.8.

### Elemento 2.

Muestra el número de pasos o metros que camina el operador.

### Elemento 3.

Muestra si se usaron pasos o metros para registrar la distancia. La letra P indica pasos, y la letra M metros.

### Elemento 4.

Ocurre únicamente cuando el caminar es con obstrucción y se identifica con la letra O. Cuando no se presenta ninguna letra O, el caminar es sin obstrucción.

Tabla 15.8.

| ELEMENTO |    |   |   | SÍMBOLO |
|----------|----|---|---|---------|
| 1        | 2  | 3 | 4 |         |
| W        | 5  | P |   | W5P     |
| W        | 8  | P | O | W8PO    |
| W        | 26 | M |   | W26M    |
| W        | 47 | M | O | W47MO   |

Tabla 15.9.

| SÍMBOLO | NOMINAL<br>0 A 2 kg | PEQUEÑO<br>2 A 17 kg | MEDIANO<br>17 A 25 kg | GRANDE<br>MÁS DE 25 kg |
|---------|---------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
|         | PASO 86.4 cm        | 76.2 cm              | 51 cm                 | 61 cm                  |
| W-P     | 15.0                | 15.0                 | 15.0                  | 17.0                   |
| W-P0    | 17.0                | 17.0                 | 17.0                  | 17.0                   |
| W-M     | 17.4                | 19.7                 | 24.6                  | 27.9                   |
| W-M0    | 19.7                | 22.3                 | 17.9                  | 27.9                   |

### Valores de tiempo para caminar

La tabla 15.9 muestra los valores de tiempo de las diversas clases de caminar.

*Paso lateral.* Es un movimiento lateral del cuerpo, sin rotación, ejecutado por uno o dos pasos. Símbolo SS.

*Variables:*

1. Frecuencia (número de pasos)
2. Longitud del paso

*Frecuencia.* Existen dos casos:

- a) Paso lateral caso 1 (SS-C1). Empieza con los pies juntos y termina con los pies separados, dado con un solo paso (figura 15.31).
- b) Paso lateral caso 2 (SS-C2). Empieza con los pies juntos y termina con los pies juntos (figura 15.32).

*Longitud del paso.* La longitud del paso lateral se mide por la distancia de los movimientos del cuerpo y no de los pies. La distancia movida se mide desde un punto en el centro del cuerpo, tal como la línea central del tronco.

Sólo es limitador si el paso es menor de 30 cm.

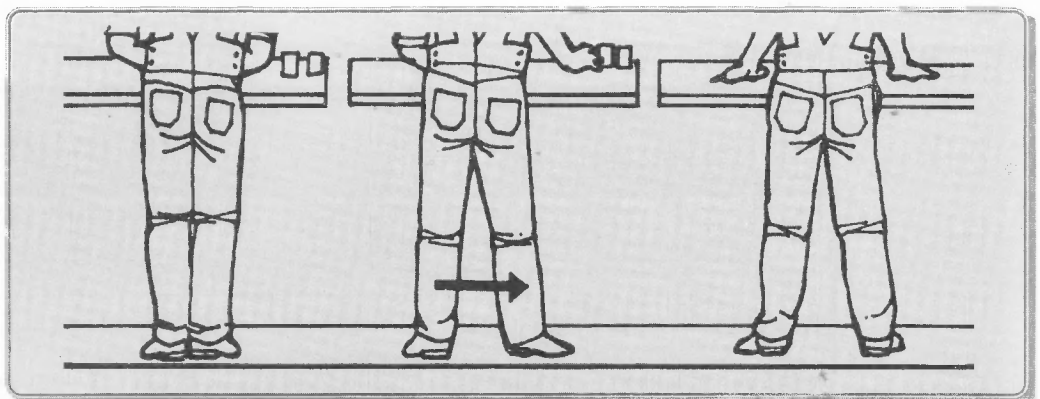


Figura 15.31.

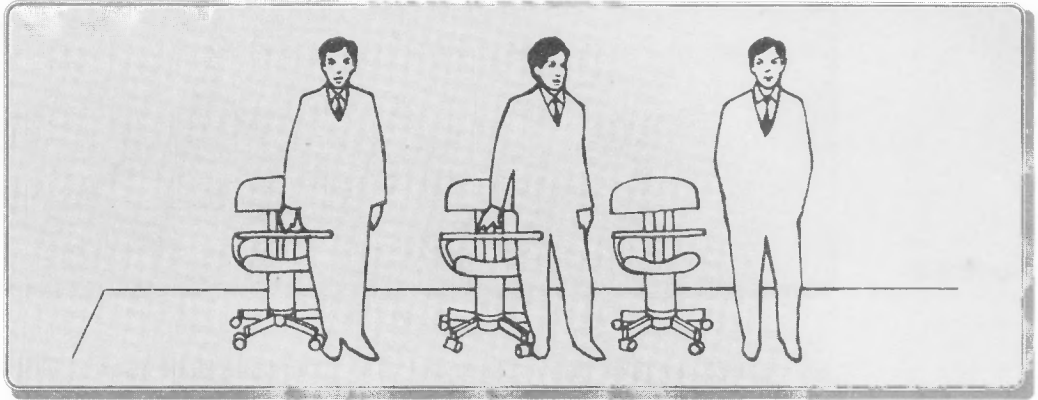


Figura 15.32.

### Símbolos del paso lateral

De la tabla 15.10 observe:

*Elemento 1.* Identifica el movimiento como paso lateral y siempre será SS.

*Elemento 2.* Muestra la distancia corrida, medida en la línea central del tronco del cuerpo.

*Elemento 3.* Éste representa el caso C1 en el caso 1 y C2 en el caso 2.

### Girar el cuerpo

Es un movimiento de rotación del cuerpo que se ejecuta mediante uno o dos pasos. Símbolo *TB*. Girar el cuerpo difiere del paso lateral, es decir se ejecuta, girando el cuerpo más que moviéndolo hacia un lado.

### Casos

1. Girar el cuerpo, caso 1 (TBC1).  
Consiste en dar un paso para girar el cuerpo; el método usado más común es empezar con los pies juntos y terminar con los pies separados.
2. Girar el cuerpo, caso 2 (TBC2).  
Consiste en dar dos pasos. Empieza con los pies juntos y termina con los pies juntos.

Tabla 15.10.

| ELEMENTO |    |    |  | SÍMBOLO |
|----------|----|----|--|---------|
| 1        | 2  | 3  |  |         |
| SS       | 30 | C1 |  | SS30C1  |
| SS       | 45 | C2 |  | SS45C2  |

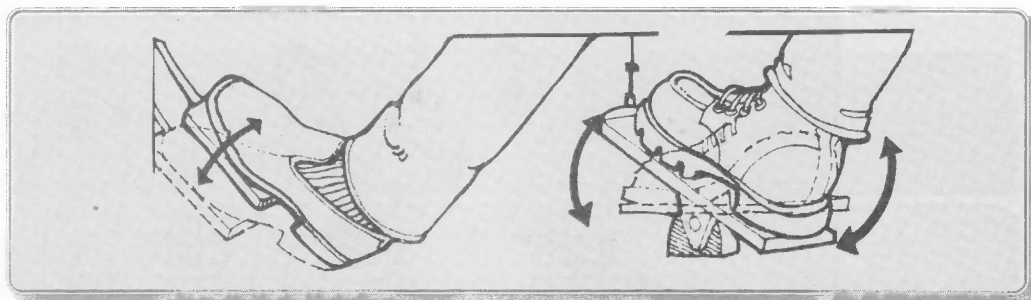


Figura 15.33.

Cuando un operador necesita volverse totalmente debe usar el TBC2 seguido por el TBC1, o dos movimientos TBC2. La mayoría de los movimientos de girar el cuerpo se encuentran entre 45 y 90 grados; raramente es limitador cuando tiene menos de 45 grados.

Es importante recordar que el girar del cuerpo ocurre únicamente si se dan uno o más pasos.

## MOVIMIENTO DEL CUERPO

### *Movimiento de pies*

Es el movimiento del metatarso del pie hacia arriba o hacia abajo, con el talón del pie utilizado como punto de apoyo (fulcro). Símbolo FM (figura 15.33).

*Movimiento de pie con fuerte presión.* Cuando un movimiento de pie es ejecutado con presión fuerte, es evidente que es más lento. Símbolo FMP.

### *Movimiento de piernas*

Es el movimiento de la pierna en cualquier dirección, con la rodilla o la cadera como pivote; el propósito predominante es mover el pie más que mover el cuerpo. Símbolo LM (figura 15.34).

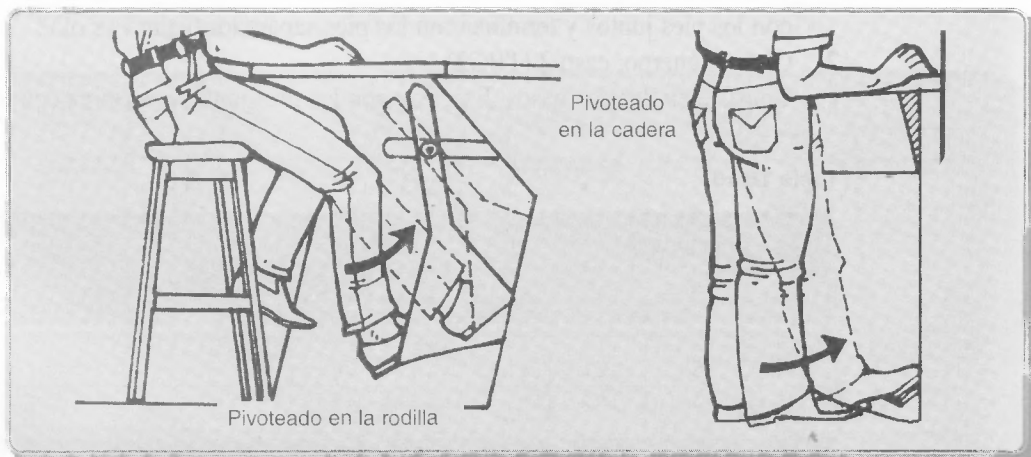


Figura 15.34.



Figura 15.35.

*El símbolo para movimiento de piernas incluye la longitud del movimiento en centímetros. La distancia se mide en el tobillo. El valor del tiempo asignado a todos los movimientos de piernas de hasta 15 cm es 7.1 TMU. Así, un LM8 tiene un tiempo de ejecución de 7.1 TMU; para cada cm que exceda de 1.5 cm se agrega un 0.5 TMU.*

### **Agacharse**

Es el movimiento de inclinar el cuerpo en posición de arco hacia adelante desde la posición de pie, de manera que las manos puedan alcanzar más abajo del nivel de las rodillas, las cuales no se flexionan (figura 15.35). Símbolo *B*.

*Levantarse del agacharse.* Es el movimiento de regresar el cuerpo de un agacharse a una posición de pie firme. Símbolo *AB*.

*Encucillarse.* Es el movimiento de inclinar el cuerpo hacia adelante desde una posición de pie, de manera que las manos puedan alcanzar el piso. Símbolo *S*.

*Levantarse de cucillas.* Es el movimiento de regresar el cuerpo del encucillar a una posición erecta de firme. Símbolo *AS*.

### **Arrodillarse en una rodilla**

Es el movimiento de bajar el cuerpo de una posición de pie firme mientras se desplaza un pie hacia adelante o hacia atrás y se baja la rodilla de la otra pierna. Símbolo *KOK*.

*Levantarse del arrodillarse en una rodilla.* Es el movimiento de regresar el cuerpo de arrodillarse en una rodilla a una posición erecta de pie. Símbolo *AKOK*.

*Arrodillarse en ambas rodillas.* Es el movimiento de bajar el cuerpo desde una posición erecta de pie a la vez que se desplaza un pie hacia adelante o hacia atrás y se baja una rodilla al piso y se coloca la otra rodilla adyacente a él. Símbolo *KBK*.

*Levantarse de arrodillarse en ambas rodillas.* Es el movimiento de regresar el cuerpo del arrodillarse en ambas rodillas a una posición de pie firme. Símbolo *AKBK*.

*Sentarse.* Es el movimiento de bajar el cuerpo desde una posición de pie firme directamente frente al asiento y trasladar el peso del cuerpo al asiento. Símbolo SIT.

*Pararse.* Es el movimiento de trasladar el peso del cuerpo del asiento y levantar el cuerpo a una posición de pie firme directamente frente al asiento. Símbolo STD.

## MOVIMIENTOS SIMULTÁNEOS Y COMBINADOS

*Principios del movimiento limitador.* Si un operador ejecuta más de un movimiento a la vez, todos los movimientos pueden ejecutarse en uno solo sin importar que exija mayor cantidad de tiempo.

*Movimientos simultáneos.* Ocurre cuando se ejecutan al mismo tiempo dos o más movimientos por diferentes miembros del cuerpo.

*Dos movimientos ejecutados al mismo tiempo uno por cada uno.* Se registran ambos movimientos en el mismo renglón; se indica que se ejecutan al mismo tiempo. Si los movimientos son idénticos, el valor TMU de uno de ellos se coloca en la columna TMU. No se requieren mayores claves. Si los movimientos difieren, el símbolo del movimiento limitador se encierra en un círculo y el valor del tiempo del movimiento limitador se registra en la columna TMU.

*Movimientos combinados.* Ocurren cuando simultáneamente dos o más movimientos son ejecutados por el mismo miembro del cuerpo. Es importante aclarar que cualquier movimiento básico no realizado con las manos se registrará en la columna de la mano derecha, representado por el símbolo correspondiente.

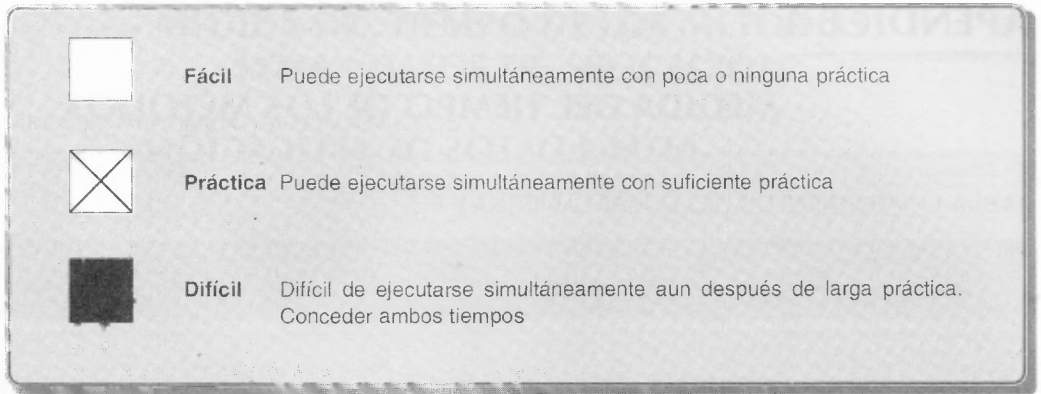
*Más de un movimiento ejecutado al mismo tiempo por un solo miembro del cuerpo.* Los movimientos combinados son registrados uno debajo del otro en una misma columna. El hecho de que los movimientos se ejecuten al mismo tiempo se indica conectando los símbolos con una línea curva a continuación de la columna TMU. Se traza una línea a través de los símbolos de movimiento limitado. El tiempo del movimiento limitador se muestra en la columna TMU que está opuesta a su símbolo.

*Tres movimientos ejecutados al mismo tiempo, cada uno de ellos por diferentes miembros del cuerpo.* Los movimientos colocados en una misma columna se conectan uno con el otro con un signo de paréntesis al lado de los símbolos distantes de la columna TMU. Los movimientos limitativos están encerrados en un círculo, y el tiempo para el movimiento limitativo se muestra en la columna TMU.

*Movimientos combinados y otros ejecutados al mismo tiempo.* Los movimientos combinados limitados se tachan y los movimientos simultáneos limitados se encierran en círculo.

## TABLA X DE LA TARJETA DE DATOS MTM (APÉNDICE A)

Esta tabla contesta sí o no a la siguiente pregunta: ¿Puede esta combinación de movimientos ejecutarse simultáneamente? Cuando la práctica se especifica se señala el camino a la solución de problemas de movimiento simultáneo, pero no es una solución inflexible para tales problemas. Es una "Guía para el analista", como se muestra en la figura 15.36.



**Figura 15.36**  
Oportunidad  
de práctica.

*Campo de visión normal.* El campo de visión es la zona de un círculo de 10 cm de diámetro a una distancia normal de lectura, como a 40 cm de los ojos. El diámetro de este círculo es proporcional a su distancia desde los ojos en una proporción de 1 a 4. Es así que, a 50 cm de los ojos, el diámetro es de 12.5 cm y a 60 cm el diámetro es de 15 cm, y así sucesivamente.

## USOS DEL MTM

Cuando se usa en forma adecuada y conjunta con otros instrumentos o técnicas de ingeniería apropiadas, el MTM es útil en las siguientes áreas:

*Como base para desarrollar buenos métodos:*

1. Desarrollo de buenos métodos antes de iniciar la producción.
2. Mejoramiento de métodos actuales.
3. Guía de diseño de productos.
4. Selección de equipo eficaz.
5. Guía de diseño de herramientas.

*Como base para establecer normas de producción:*

1. Establecimiento de normas de tiempo en trabajos individuales.
2. Desarrollo de datos estándar.
3. Cálculo de costos de mano de obra.

*Otros usos:*

1. Entrenamiento de empleados para adquirir conciencia de métodos.
2. Ajuste de diferencias respecto de normas de producción.
3. Proporciona una base más amplia para la investigación y estudio del movimiento.
4. Ayuda durante el adiestramiento del operador.
5. Ayuda durante los estudios de distribución de equipo en las plantas.



## APÉNDICE A

### MEDIDA DEL TIEMPO DE LOS MÉTODOS MTM-1 DATOS DE APLICACIÓN

TABLA I – MOVIMIENTOS DEL CUERPO, PIERNA Y PIE

| TIPO                       |                 | SÍMBOLO       | TMU  | DISTANCIA     | DESCRIPCIÓN                                                                                                 |
|----------------------------|-----------------|---------------|------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Movimiento de pierna y pie |                 | FM            | 8.5  | Hasta 10 cm   | Giro alrededor del tobillo                                                                                  |
|                            |                 | FMP           | 19.1 | Hasta 10 cm   | Con fuerte presión                                                                                          |
|                            |                 | LM —          | 7.1  | Hasta 15 cm   | Con la rodilla o la cadera como pivote, en cualquier dirección                                              |
|                            |                 |               | 0.5  | Cada cm adic. |                                                                                                             |
| Movimiento horizontal      | Paso lateral    | SS_C1         | —    | < 30 cm       | Usar tiempo de alcanzar o mover cuando la distancia sea menor de 30 cm                                      |
|                            |                 |               | 17.0 | 30 cm         |                                                                                                             |
|                            |                 | SS_C2         | 0.2  | Cada cm adic. | Movimiento completo cuando la pierna de salida hace contacto con el suelo                                   |
|                            |                 |               | 34.1 | 30 cm         | La pierna retrasada debe hacer contacto con el suelo antes de que se pueda realizar el siguiente movimiento |
|                            |                 |               | 0.4  | Cada cm adic. |                                                                                                             |
|                            | Girar el cuerpo | TBC 1         | 18.6 | —             | Termina cuando la pierna de salida hace contacto con el suelo                                               |
|                            |                 | TBC 2         | 37.2 | —             | La pierna retrasada debe hacer contacto con el suelo antes de que se pueda realizar el siguiente movimiento |
|                            | Caminar         | W_M           | 17.4 | Por metro     | Sin obstrucciones                                                                                           |
|                            |                 | W_P           | 15.0 | Por peso      | Sin obstrucciones                                                                                           |
|                            |                 | W_PO          | 17.0 | Por peso      | Con obstrucciones o con peso                                                                                |
| Movimiento vertical        |                 | SIT           | 34.7 | —             | Sentarse, desde la posición de pie                                                                          |
|                            |                 | STD           | 43.4 | —             | Levantarse, desde estar sentado                                                                             |
|                            |                 | B, S, KOK     | 29.0 | —             | Agacharse, encucillarse, arrodillarse en una rodilla                                                        |
|                            |                 | AB, AS, AK OK | 31.9 | —             | Levantarse de agacharse, encucillarse y arrodillarse en una rodilla                                         |
|                            |                 | KBK           | 69.4 | —             | Arrodillarse en ambas rodillas                                                                              |
|                            |                 | AKBK          | 76.7 | —             | Levantarse de arrodillarse en ambas rodillas                                                                |

1 TMU = 0.00001 horas      1 hora = 1 000 000.00 TMU  
 = 0.0006 minutos      1 minuto = 1 666.7 TMU  
 = 0.036 segundos      1 segundo = 27.8 TMU

No intente usar estos datos o aplicar la medida del tiempo de los métodos en ninguna forma, a menos que conozca su aplicación correcta. Esta advertencia se hace para evitar las dificultades que pueden resultar por la aplicación incorrecta de los datos.

Datos tomados de: Association R. Estandar and Research.  
 Traducido por: Norris & Elliott Educational, S. C.

# MEDIDA DEL TIEMPO DE LOS MÉTODOS MTM-1 DATOS DE APLICACIÓN

TABLA II – MOVIMIENTOS SIMULTÁNEOS

| Alcanzar |   |   |   | Mover   |   |   | Coger          |          |    | Posición |             |            | Desmontar  |    | Caso | Movimiento          |           |
|----------|---|---|---|---------|---|---|----------------|----------|----|----------|-------------|------------|------------|----|------|---------------------|-----------|
| AE       | B | C | D | A<br>Bm | B | C | G1<br>G2<br>G3 | G1<br>G1 | G4 | P1S      | P1SS<br>P2S | P1N<br>P2N | D1E<br>D1D | D2 |      |                     |           |
|          |   |   | W | O       |   | O | O              | W        | O  | O        | D           | E          | E          | D  |      | E                   | D         |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | A, E                | Alcanzar  |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | B                   |           |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | C, D                |           |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | A, Bm               | Mover     |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | B                   |           |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | C                   |           |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | G1A, G2<br>G5       | Coger     |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | G1B, G1C            |           |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | G4                  |           |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | P1S                 | Posición  |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | P1SS, P2            |           |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | P1NS, P2SS,<br>P2NS |           |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | D1E, D1D            | Desmontar |
|          |   |   |   |         |   |   |                |          |    |          |             |            |            |    |      | D2                  |           |

☐ Fácil de realizar simultáneamente

☐ Puede realizarse simultáneamente con práctica

☒ Difícil de ejecutar simultáneamente incluso después de gran experiencia. Permitir ambos tiempos.

Movimientos no incluidos en la tabla  
Girar. Normalmente fácil con todos los movimientos, excepto cuando girar está controlado o con desmontar  
Aplicar presión, puede ser fácil, práctica o difícil

1TMU = 0.00001 horas      1 hora = 1 000 000.00 TMU  
 = 0.0006 minutos      1 minuto = 1 666.7 TMU  
 = 0.036 segundos      1 segundo = 27.8 TMU

No intente usar estos datos o aplicar la medida del tiempo de los métodos en ninguna forma, a menos que conozca su aplicación correcta. Esta advertencia se hace para evitar las dificultades que pueden resultar por la aplicación incorrecta de los datos.

Datos tomados de: Association R. Estandar and Research.

Traducido por: Norris & Elliott Educational, S. C.

## MEDIDA DEL TIEMPO DE LOS MÉTODOS MTM-1 DATOS DE APLICACIÓN

### *Datos MTM suplementarios*

TABLA III – Posicionar - P

| CLASE DE AJUSTE CLAR                                                                                                                                                | CASO DE SIMETRÍA | ALINEAR ÚNICAMENTE | PROFUNDIDAD DE INSERCIÓN (cm) |            |             |             |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                                                     |                  |                    | 0                             | 1          | 2           | 3           | 4           |
|                                                                                                                                                                     |                  |                    | > 0 ≤ 5                       | > .5 ≤ 1.5 | > 1.5 ≤ 2.5 | > 2.5 ≤ 3.5 | > 2.5 ≤ 4.5 |
| 21<br>381-889 cm                                                                                                                                                    | S                | 3.0                | 3.4                           | 6.4        | 7.2         | 8.1         | 9.0         |
|                                                                                                                                                                     | SS               | 3.0                | 10.3                          | 13.3       | 14.1        | 15.0        | 15.9        |
|                                                                                                                                                                     | NS               | 4.8                | 15.5                          | 18.5       | 19.3        | 20.2        | 21.1        |
| 22<br>064-380 cm                                                                                                                                                    | S                | 7.2                | 7.2                           | 11.7       | 12.6        | 13.4        | 14.3        |
|                                                                                                                                                                     | SS               | 8.0                | 14.9                          | 19.4       | 20.3        | 21.1        | 22.0        |
|                                                                                                                                                                     | NS               | 9.5                | 20.2                          | 24.7       | 25.6        | 26.4        | 27.3        |
| 23*<br>013-063 cm                                                                                                                                                   | S                | 9.5                | 9.5                           | 15.8       | 17.6        | 19.5        | 21.4        |
|                                                                                                                                                                     | SS               | 10.4               | 17.3                          | 23.6       | 25.4        | 27.3        | 29.2        |
|                                                                                                                                                                     | NS               | 12.2               | 22.9                          | 29.2       | 31.0        | 32.9        | 34.8        |
| *Atorones. Agregar el número observado de "Aplicar presión".<br>Dificultad de manejo. Agregar el número observado de G2.                                            |                  |                    |                               |            |             |             |             |
| *Determinar la simetría por las propiedades geométricas.<br>Excepción: Usar caso "S" cuando haya orientación previa al mover precedente.<br>En el original Tabla 1. |                  |                    |                               |            |             |             |             |

TABLA IV – Encaje secundario – E2

| CLASE DE AJUSTE | PROFUNDIDAD DE INSERCIÓN (cm) |     |      |      |
|-----------------|-------------------------------|-----|------|------|
|                 | 1                             | 2   | 3    | 4    |
| 21              | 3.0                           | 3.8 | 4.7  | 5.6  |
| 22              | 4.5                           | 5.4 | 6.2  | 7.1  |
| 23              | 6.3                           | 8.1 | 10.0 | 11.9 |

1 TMU = 0.00001 horas = 1 hora = 100 000.00 TMU  
 = 0.0006 minutos = 1 minuto = 1 666.7 TMU  
 = 0.036 segundos = 1 segundo = 27.8 TMU

No intente usar estos datos o aplicar la medida del tiempo de los métodos en ninguna forma, a menos que conozca su aplicación correcta. Esta advertencia se hace para evitar las dificultades que pueden resultar por la aplicación incorrecta de los datos.

Datos tomados de: Association R. Estandar and Research.

Traducido por: Norris & Elliott Educational, S. C.

# MEDIDA DEL TIEMPO DE LOS MÉTODOS MTM-1 DATOS DE APLICACIÓN

**TABLA V – MANIVELA (RESISTENCIA LIGERA) – C**

| DIÁMETRO<br>DE MANIVELA<br>(cm) | TMU (T)<br>POR<br>REVOLUCIÓN | DIÁMETRO<br>DE MANIVELA<br>(cm) | TMU (T)<br>POR<br>REVOLUCIÓN |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 2                               | 8.2                          | 22                              | 13.9                         |
| 4                               | 9.2                          | 24                              | 14.2                         |
| 6                               | 10.0                         | 26                              | 14.5                         |
| 8                               | 10.7                         | 28                              | 14.8                         |
| 10                              | 11.3                         | 30                              | 15.0                         |
| 12                              | 11.9                         | 35                              | 15.5                         |
| 14                              | 12.4                         | 40                              | 16.0                         |
| 16                              | 12.8                         | 45                              | 16.4                         |
| 18                              | 13.2                         | 50                              | 16.7                         |
| 20                              | 13.6                         |                                 |                              |

**Fórmulas**

A. Manivela continua (empezar al principio y parar al final del ciclo únicamente)

$$TMU = ((NrT) + 5.2) \cdot F + C$$

B. Manivela intermitente (empezar al principio y parar al final de cada revolución)

$$TMU = ((T + 5.2)F + C) \cdot N$$

C = Componente estático en TMU de la concesión por peso de la tabla MOVER.  
F = Componente dinámico, factor de la concesión por peso de la tabla MOVER.  
N = Número de revoluciones.  
T = TMU por revolución (movimiento tipo III).  
5.2 = TMU para empezar y parar.

|                |          |                     |     |
|----------------|----------|---------------------|-----|
| 1 TMU = .00001 | horas    | 1 hora = 100 000.00 | TMU |
| = .0006        | minutos  | 1 minuto = 1 666.7  | TMU |
| = .036         | segundos | 1 segundo = 27.8    | TMU |

No intente usar estos datos o aplicar la medida del tiempo de los métodos en ninguna forma, a menos que conozca su aplicación correcta. Esta advertencia se hace para evitar las dificultades que pueden resultar por la aplicación incorrecta de los datos.

Datos tomados de: Association R. Estandar and Research.

Traducido por: Norris & Elliott Educational, S. C.

TABLA VI – ALCANZAR - R

| DISTANCIA<br>ALCANZADA<br><br>cm | TIEMPO EN TMU |      |       |      | MANO EN<br>MOVIMIENTO |      | CASO<br>Y DESCRIPCIÓN                                                                                                                                              |
|----------------------------------|---------------|------|-------|------|-----------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | A             | B    | C o D | E    | A                     | B    |                                                                                                                                                                    |
| 2 o menos                        | 2.0           | 2.0  | 2.0   | 2.0  | 1.6                   | 1.6  | A. Alcanzar a un objeto en situación fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el cual descansa la otra mano.                                                    |
| 4                                | 3.4           | 3.4  | 5.1   | 3.2  | 3.0                   | 2.4  |                                                                                                                                                                    |
| 6                                | 4.5           | 4.5  | 6.5   | 4.4  | 3.9                   | 3.1  |                                                                                                                                                                    |
| 8                                | 5.5           | 5.5  | 7.5   | 5.5  | 4.6                   | 3.7  |                                                                                                                                                                    |
| 10                               | 6.1           | 6.3  | 8.4   | 6.8  | 4.9                   | 4.3  |                                                                                                                                                                    |
| 12                               | 6.4           | 7.4  | 9.1   | 7.3  | 5.2                   | 4.8  | B. Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.                                                                   |
| 14                               | 6.8           | 8.2  | 9.7   | 7.8  | 5.5                   | 5.4  |                                                                                                                                                                    |
| 16                               | 7.1           | 8.8  | 10.3  | 8.2  | 5.8                   | 5.9  |                                                                                                                                                                    |
| 18                               | 7.5           | 9.4  | 10.8  | 8.7  | 6.1                   | 6.5  |                                                                                                                                                                    |
| 20                               | 7.8           | 10.0 | 11.4  | 9.2  | 6.5                   | 7.1  |                                                                                                                                                                    |
| 22                               | 8.1           | 10.5 | 11.9  | 9.7  | 6.8                   | 7.7  | C. Alcanzar a un objeto amontonado con otros en un grupo, de forma que ocurra buscar y seleccionar.                                                                |
| 24                               | 8.5           | 11.1 | 12.5  | 10.2 | 7.1                   | 8.2  |                                                                                                                                                                    |
| 26                               | 8.8           | 11.7 | 13.0  | 10.7 | 7.4                   | 8.8  |                                                                                                                                                                    |
| 28                               | 9.2           | 12.2 | 13.6  | 11.2 | 7.7                   | 9.4  |                                                                                                                                                                    |
| 30                               | 9.5           | 12.8 | 14.1  | 11.7 | 8.0                   | 9.9  |                                                                                                                                                                    |
| 35                               | 10.4          | 14.2 | 15.5  | 12.9 | 8.8                   | 11.4 | D. Alcanzar a un objeto muy pequeño o en donde es necesario coger con mucha precisión.                                                                             |
| 40                               | 11.3          | 15.6 | 16.8  | 14.1 | 9.6                   | 12.8 |                                                                                                                                                                    |
| 45                               | 12.1          | 17.0 | 18.2  | 15.3 | 10.4                  | 14.2 |                                                                                                                                                                    |
| 50                               | 13.0          | 18.4 | 19.6  | 16.5 | 11.2                  | 15.7 |                                                                                                                                                                    |
| 55                               | 13.9          | 19.8 | 20.9  | 17.8 | 12.0                  | 17.1 |                                                                                                                                                                    |
| 60                               | 14.7          | 21.2 | 22.3  | 19.0 | 12.8                  | 18.5 | E. Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento, o donde no estorbe. |
| 65                               | 15.6          | 22.6 | 23.6  | 20.2 | 13.5                  | 19.9 |                                                                                                                                                                    |
| 70                               | 16.5          | 24.1 | 25.0  | 21.4 | 14.3                  | 21.4 |                                                                                                                                                                    |
| 75                               | 17.3          | 25.5 | 26.4  | 22.6 | 15.1                  | 22.8 |                                                                                                                                                                    |
| 80                               | 18.2          | 26.9 | 27.7  | 23.9 | 15.9                  | 24.2 |                                                                                                                                                                    |
| Adicional                        | 0.18          | 0.28 | 0.26  | 0.26 |                       |      | TMU por cm arriba de 80 cm                                                                                                                                         |

**Tabla VII – MOVER – M**

| DISTANCIA<br>MOVIDA<br>cm | TIEMPO EN TMU |      |      |                                 | CONCESIÓN POR PESO          |                         |                                   | CASO Y DESCRIPCIÓN                                               |                                              |
|---------------------------|---------------|------|------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                           | A             | B    | C    | MANO<br>EN MOVI-<br>MIENTO<br>B | PESO<br>(kg)<br>HASTA       | DINÁ-<br>MICO<br>FACTOR | ESTÁTICO<br>TMU<br>CONS-<br>TANTE |                                                                  |                                              |
| 2 o menos                 | 2.0           | 2.0  | 2.0  | 1.7                             | 1                           | 1.00                    | 0                                 | A. Mover el objeto a la<br>otra mano o contra un<br>tope         |                                              |
| 4                         | 3.1           | 4.0  | 4.5  | 2.8                             |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 6                         | 4.1           | 5.0  | 5.8  | 3.1                             | 2                           | 1.04                    | 1.6                               |                                                                  |                                              |
| 8                         | 5.1           | 5.9  | 6.9  | 3.7                             |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 10                        | 6.0           | 6.8  | 7.9  | 4.3                             | 4                           | 1.07                    | 2.8                               |                                                                  |                                              |
| 12                        | 6.9           | 7.7  | 8.8  | 4.9                             |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 14                        | 7.7           | 8.5  | 9.8  | 5.4                             | 6                           | 1.12                    | 4.3                               |                                                                  |                                              |
| 16                        | 8.3           | 9.2  | 10.5 | 6.0                             |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 18                        | 9.0           | 9.8  | 11.1 | 6.5                             | 8                           | 1.17                    | 5.8                               |                                                                  |                                              |
| 20                        | 9.6           | 10.5 | 11.7 | 7.1                             |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 22                        | 10.2          | 11.2 | 12.4 | 7.6                             | 10                          | 1.22                    | 7.3                               | B. Mover el objeto a una<br>situación aproximada o<br>indefinida |                                              |
| 24                        | 10.8          | 11.8 | 13.0 | 8.2                             |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 26                        | 11.5          | 12.3 | 13.7 | 8.7                             | 12                          | 1.27                    | 8.8                               |                                                                  |                                              |
| 28                        | 12.1          | 12.8 | 14.4 | 9.3                             |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 30                        | 12.7          | 13.3 | 15.1 | 9.8                             | 14                          | 1.32                    | 10.4                              |                                                                  |                                              |
| 35                        | 14.3          | 14.5 | 16.8 | 11.2                            |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 40                        | 15.8          | 15.6 | 18.5 | 12.6                            | 16                          | 1.36                    | 11.9                              |                                                                  |                                              |
| 45                        | 17.4          | 16.8 | 20.1 | 14.0                            |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 50                        | 19.0          | 18.0 | 21.8 | 15.4                            | 18                          | 1.41                    | 13.4                              |                                                                  | C. Mover el objeto a una<br>situación exacta |
| 55                        | 20.5          | 19.2 | 23.5 | 16.8                            |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 60                        | 22.1          | 20.4 | 25.2 | 18.2                            | 20                          | 1.46                    | 14.9                              |                                                                  |                                              |
| 65                        | 23.6          | 21.6 | 26.9 | 19.5                            |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 70                        | 25.2          | 22.8 | 28.6 | 20.9                            | 22                          | 1.51                    | 16.4                              |                                                                  |                                              |
| 75                        | 26.7          | 24.0 | 30.3 | 22.3                            |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| 80                        | 28.3          | 25.2 | 32.0 | 23.7                            |                             |                         |                                   |                                                                  |                                              |
| Adicional                 | 0.32          | 0.24 | 0.34 |                                 | TMU por cm arriba de 80 cm. |                         |                                   |                                                                  |                                              |

TABLA VIII – GIRAR T

| PESO                 | TIEMPO TMU PARA GRADOS GIRADOS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                      | 30°                            | 45°  | 60°  | 75°  | 90°  | 105° | 120° | 135° | 150° | 165° | 180° |
| Pequeño S - 0 a 1 kg | 2.8                            | 3.5  | 4.1  | 4.8  | 5.4  | 6.1  | 6.8  | 7.4  | 8.1  | 8.7  | 9.4  |
| Mediano M-11 a 5 kg  | 4.4                            | 5.5  | 6.5  | 7.5  | 8.5  | 9.0  | 10.6 | 11.6 | 12.7 | 13.7 | 14.8 |
| Grande L-51 a 16 kg  | 8.4                            | 10.5 | 12.3 | 14.4 | 16.2 | 18.3 | 20.4 | 22.2 | 24.3 | 26.1 | 28.2 |

TABLA IX – APLICAR PRESIÓN – AP

| CICLO COMPLETO |      |               | COMPONENTES |     |                        |
|----------------|------|---------------|-------------|-----|------------------------|
| SÍMBOLO        | TMU  | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO     | TMU | DESCRIPCIÓN            |
| APA            | 10.6 | AF + DM + RLF | AF          | 34  | Aplicar fuerza         |
| APB            | 16.2 | APA + G2      | DM          | 42  | Mantener fuerza mínima |
|                |      |               | RLF         | 30  | Soltar fuerza          |

**TABLA X –COGER**

| TIPO DE COGER  | CASO | TIEMPO TMU | DESCRIPCIÓN                                                      |                                                                                 |
|----------------|------|------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Levantando     | 1A   | 2.0        | Objeto de cualquier tamaño sólo que se puede coger fácilmente    |                                                                                 |
|                | 1B   | 3.5        | Objeto muy pequeño o que yace próximo sobre una superficie plana |                                                                                 |
|                | 1C1  | 7.3        | Diámetro mayor de 12 mm                                          | Interferencia con el coger en el fondo y a un lado de un objeto casi cilíndrico |
|                | 1C2  | 8.7        | Diámetro entre 6 y 12 mm                                         |                                                                                 |
|                | 1C3  | 10.8       | Diámetro menor de 6 mm                                           |                                                                                 |
| Volver a coger | 2    | 5.6        | Cambiar la forma de coger un objeto sin perder el control        |                                                                                 |
| Transferencia  | 3    | 5.6        | Transferir el control de una mano a otra                         |                                                                                 |
| Selección      | 4A   | 7.3        | Mayor de 25 × 25 × 25 mm                                         | Objeto amontonado con otros de forma que ocurra buscar y seleccionar            |
|                | 4B   | 9.1        | Entre 6 × 6 × 3 mm y 25 × 25 × 25 mm                             |                                                                                 |
|                | 4C   | 12.9       | Menor de 6 × 6 × 3 mm                                            |                                                                                 |
| Contacto       | 5    | 0          | Coger de contacto de deslizamiento o de gancho                   |                                                                                 |

**PESO NETO EFECTIVO**

| Peso neto efectivo (ENW) | Núm. de manos | Espacial | Deslizando      |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|
|                          | 1             | W        | $W \times Fc$   |
|                          | 2             | W/2      | $W/2 \times Fc$ |

W = Peso en kg  
Fc = Coeficiente de fricción



TABLA XI – POSICIONAR\* - P

| CLASE DE AJUSTE                                      |                            | SÍMBOLO                          | MANEJO FÁCIL E | MANEJO DIFÍCIL D |
|------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------|------------------|
| 1. Flojo                                             | No se requiere presión     | S                                | 5.6            | 11.2             |
|                                                      |                            | SS                               | 9.1            | 14.7             |
|                                                      |                            | NS                               | 10.4           | 16.0             |
| 2. Aproximado                                        | Se requiere ligera presión | S                                | 16.2           | 21.8             |
|                                                      |                            | SS                               | 19.7           | 25.3             |
|                                                      |                            | NS                               | 21.0           | 26.6             |
| 3. Exacto                                            | Se requiere presión fuerte | S                                | 43.0           | 48.6             |
|                                                      |                            | SS                               | 46.5           | 52.1             |
|                                                      |                            | SN                               | 47.8           | 53.4             |
| Regla suplementaria para alineaciones de superficie* |                            |                                  |                |                  |
| P2SE por alineación:<br>> 1.5 mm ≤ 6 mm              |                            | P2SE por alineación:<br>≤ 1.5 mm |                |                  |

\*Longitud de inserción: 2.5 cm o menos.

TABLA XII – SOLTAR - RL

| CASO | TIEMPO TMU | DESCRIPCIÓN                                                                 |
|------|------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 2.0        | Soltar normal, ejecutado al separar los dedos como movimiento independiente |
| 2    | 0          | Cesar el contacto                                                           |

**TABLA XIII – DESMONTAR - D**

| CASO DE AJUSTE                                                  | LONGITUD DEL RETROCESO       | MANEJO FÁCIL E | MANEJO DIFÍCIL D |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|------------------|
| 1. Suelto. Esfuerzo muy pequeño, se une al movimiento siguiente | Hasta 2.5 cm                 | 4.0            | 5.7              |
| 2. Flojo. Esfuerzo normal, retroceso ligero                     | Más de 2.5 cm hasta 12.5 cm  | 7.5            | 11.8             |
| 3. Duro. Esfuerzo considerable, la mano tiene marcado retroceso | Más de 12.5 cm hasta 30.5 cm | 22.9           | 34.7             |

| CLASE DE AJUSTE | SUPLEMENTARIO<br>CUIDADO CON EL MANEJO | ATORONES               |
|-----------------|----------------------------------------|------------------------|
| 1. Suelto       | Conceder clase 2                       | —                      |
| 2. Flojo        | Conceder clase 3                       | Un G2 por cada atorón  |
| 3. Duro         | Cambiar método                         | Un APB por cada atorón |

**TABLA XIV – RECORRIDO Y ENFOQUE OCULAR – ET y EF**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Tiempo de recorrido ocular = <math>15.2 \times TD</math> TMU, con un valor máximo de 20 TMU<br/> en donde T = Distancia entre los puntos de recorrido ocular.<br/> D = Distancia perpendicular desde el ojo a la línea de recorrido T.<br/> Tiempo de enfoque ocular = 7.3 TMU</p> |
| <p><b>INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA</b></p>                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>Área de visión normal = Un círculo de 10 cm de diámetro a 40 cm de los ojos.<br/> Fórmula de lectura 5.05 de N. En donde N = Número de palabras.</p>                                                                                                                               |

**TABLA XV – LLENE LOS ESPACIOS VACÍOS CON EL CORRESPONDIENTE SÍMBOLO Y TIEMPO (TMU)**

| OPERACIÓN                                                                                                                                                                                                         | CÓDIGO | TIEMPO (TMU) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| 1. Alcanzar una pieza que se encuentra sobre una banda de montaje en movimiento, distancia 40 cm.                                                                                                                 |        |              |
| 2. Alcanzar un tornillo que se encuentra mezclado con otros, longitud del movimiento = 28 cm.                                                                                                                     |        |              |
| 3. Alcanzar un remache pequeño que está solo sobre la mesa, longitud del movimiento = 26 cm.                                                                                                                      |        |              |
| 4. Alcanzar una navaja de rasurar que está sola sobre la mesa, longitud del movimiento = 30 cm.                                                                                                                   |        |              |
| 5. La mano es retirada del área de trabajo antes de accionar la máquina, longitud del movimiento = 30 cm.                                                                                                         |        |              |
| 6. Encontrar el tiempo para un alcanzar caso "B" a una distancia de 95 cm.                                                                                                                                        |        |              |
| 7. Alcanzar una chinche que se encuentra mezclada con otras en un recipiente, longitud del movimiento = 40 cm.                                                                                                    |        |              |
| 8. Después de arrojar una pieza en un recipiente, se continúa el movimiento (sin retardo en el mismo) para alcanzar una palanca, longitud del movimiento = 28 cm.                                                 |        |              |
| 9. Después de arrojar una pieza en un recipiente, continúa la mano sin detenerse (un movimiento de alcanzar de 30 cm) hacia una palanca de una máquina. La palanca se mueve fácilmente después de haberla tocado. |        |              |
| 10. Un alcanzar 65 caso B con movimiento anterior y posterior.                                                                                                                                                    |        |              |
| 11. Un alcanzar 70 caso B.                                                                                                                                                                                        |        |              |
| 12. Un alcanzar 50 caso A con movimiento anterior.                                                                                                                                                                |        |              |
| 13. Alcanzar 70 caso D.                                                                                                                                                                                           |        |              |

**TABLA XVI – ANALICE LOS SIGUIENTES CASOS DE COGER**

| OPERACIÓN                                                                             | CÓDIGO | TIEMPO (TMU) |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| 1. Coger un tornillo de 10 x 30 mm de un recipiente.                                  |        |              |
| 2. Coger un lápiz sin la ayuda de la otra mano en la posición adecuada para escribir. |        |              |
| 3. Coger por contacto un timbre para posteriormente presionarlo.                      |        |              |
| 4. Coger la palanquita de un interruptor eléctrico.                                   |        |              |
| 5. Coger un perno de diámetro 30 x 50 mm de un recipiente.                            |        |              |
| 6. Coger una pieza que se tiene en la otra mano.                                      |        |              |
| 7. Coger una palanca de una máquina.                                                  |        |              |
| 8. Coger una llave española de 8 mm de espesor, que está sola sobre la mesa.          |        |              |
| 9. Coger una arandela de diámetro 6 x 1.5 mm de un recipiente.                        |        |              |
| 10. Coger una hoja de papel de una pila (papel apilado)                               |        |              |
| 11. Coger un casco de protección que se tiene en la cabeza.                           |        |              |
| 12. Mejorar el agarre de un desarmador para recortar la distancia a la punta.         |        |              |
| 13. Agarrar una hoja de afeitar que está sobre la mesa                                |        |              |

**TABLA XVII** – ANALICE EL ALCANZAR, TOMAR, MOVER Y SOLTAR DE LAS SIGUIENTES SITUACIONES

| OPERACIÓN                                                                                                                                                                                   | TIEMPO<br>CÓDIGO | (TMU) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|
| 1. Alcanzar a una distancia de 30 cm un tornillo de 6 × 20 mm dentro de un recipiente, cogerlo y transferirlo a la otra mano a una distancia de 30 cm.                                      |                  |       |
| 2. Alcanzar una carcasa de 2 kg de peso a 50 cm y colocarla a una distancia de 45 cm hacia adentro de un recipiente y soltarla.                                                             |                  |       |
| 3. Coger una regla a 30 cm y llevarla a una distancia de 30 cm aproximadamente enfrente del cuerpo.                                                                                         |                  |       |
| 4. Coger una arandela de 6 mm de diámetro a 20 cm aislada sobre la mesa y llevarla a una distancia de 30 cm hasta un tornillo para introducirla.                                            |                  |       |
| 5. Colocar la barra de un agitador de 5 kg en un recipiente de pintura a una distancia de 50 cm, posteriormente alcanzar el botón del interruptor a 16 cm y accionarlo un cm para arrancar. |                  |       |
| 6. Escoger una broca de 8 mm de diámetro a 30 cm que se encuentra acostada junto a otras y llevarla a una distancia de 40 cm hasta el broquero.                                             |                  |       |

**TABLA XVIII – MARQUE EN EL SIGUIENTE EJERCICIO LAS FASES DEL MOVIMIENTO QUE SE PRESENTAN AL POSICIONAR**

| OPERACIÓN                                                                                | CÓDIGO | TIEMPO (TMU) |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| 1. Meter la clavija en el enchufe.                                                       |        |              |
| 2. Posicionar una caja de cartón sobre la mesa con una tolerancia $\pm 20$ cm.           |        |              |
| 3. Introducir el dedo en el disco telefónico.                                            |        |              |
| 4. Introducir una llave allen en la cabeza de un tornillo allen.                         |        |              |
| 5. Posicionar un martillo sobre un claro sostenido con la otra mano.                     |        |              |
| 6. Colocar un extremo de cable que sobresale de la mano (5 cm) en una abertura de 10 cm. |        |              |
| 7. Colocar la tapa a un distribuidor.                                                    |        |              |

TABLA XIX – ANALICE LOS CASOS DE ALCANZAR Y COGER

| OPERACIÓN                                                                                                                                        | CÓDIGO | TIEMPO (TMU) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| 1. Un tornillo de 6 × 40 mm que se encuentra a granel en un recipiente, longitud del movimiento = 30 cm.                                         |        |              |
| 2. Una pieza que está a 40 cm sobre una banda en movimiento.                                                                                     |        |              |
| 3. Una cinta métrica que está a 80 cm sobre la mesa.                                                                                             |        |              |
| 4. Una arandela de 16 mm de diámetro que se encuentra en la otra mano, longitud del movimiento = 40 cm.                                          |        |              |
| 5. Una arandela de 12 mm de diámetro que se encuentra con aproximadamente otras 10 en la palma de la otra mano, longitud del movimiento = 50 cm. |        |              |
| 6. Una broca de 8 mm de diámetro que está dentro de una caja en una orilla y junto a la pared de la misma longitud del movimiento = 30 cm.       |        |              |
| 7. Un dado que se tiene en la otra mano, diámetro = 30 cm (sin transferencia).                                                                   |        |              |
| 8. Una pieza con cantos cortantes, distancia 50 cm.                                                                                              |        |              |
| 9. Sacar la mano de un dispositivo (20 cm) para poder accionar la máquina.                                                                       |        |              |
| 10. Una regla que se tiene en la otra mano a una distancia de 10 cm.                                                                             |        |              |
| 11. Tocar una placa que se encuentra sobre la mesa, distancia = 1.5 cm.                                                                          |        |              |
| 12. Un tornillo que se encuentra en la otra mano, distancia = 23 cm.                                                                             |        |              |
| 13. Una camisa que se encuentra colgada a un gancho para ropa, distancia = 48 cm.                                                                |        |              |

**TABLA XX – ANALICE EL ALCANZAR, COGER, MOVER, GIRAR, APLICAR PRESIÓN, POSICIONAR Y SOLTAR**

| OPERACIÓN                                                                                                                                                                                                     | CÓDIGO | TIEMPO (TMU) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| 1. Girar el volante de una válvula con un ángulo de giro 180° con esfuerzo medio.                                                                                                                             |        |              |
| 2. Girar una manivela de un torno 5 vueltas a 360° para alcanzar la herramienta.                                                                                                                              |        |              |
| 3. Se requiere girar la mano para poder tomar una pieza que se encuentra a 10 cm del lugar, el ángulo de giro es de 90°.                                                                                      |        |              |
| 4. Encontrar el tiempo para abrir una puerta que se encuentra a 30 cm de distancia.                                                                                                                           |        |              |
| 5. Una caja de cartón que pesa 4 kg es tomada por un coger por contacto en sus costados y se encuentra a 20 cm del operador, para posteriormente moverla a una distancia de 30 cm (un depósito) y se soltará. |        |              |
| 6. Introducir una tapa a un marcador, longitud del movimiento = 30 cm.                                                                                                                                        |        |              |
| 7. Posicionar un disco sobre un perno central a 30 cm con las dos manos.                                                                                                                                      |        |              |
| 8. Colocar una chinche sobre un punto exacto a 30 cm, la tolerancia permitida es $\pm 0.3$ mm del punto a posicionar.                                                                                         |        |              |



## **BIBLIOGRAFÍA**

---

- Antis, William y Honeycutt, John M. Jr., *Movimientos básicos del MTM*, Herrero Hermanos, 1973.
- Maynard, H. B., *Manual de la ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1960.
- Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfa y Omega, 9a. ed., México, 1995.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, Limusa, 3a. ed., México, 1995.

## Obtención del tiempo estándar por MODAPTS

Si tú crees que estás derrotado, lo estás.

Si tú crees que no te atreves, no lo harás.

Si te gusta ganar, pero crees que no puedes vencer,  
es casi un hecho que vas a perder.

Si tú crees que vas a perder, estás perdido;  
porque en este mundo encontramos que el éxito  
empieza en la voluntad del hombre;  
y que reside en una actitud personal.

Si tú crees que eres inferior, lo eres;  
tienes que pensar en grande para elevarte,  
tienes que estar seguro de ti mismo antes  
de poder alcanzar la cumbre.

Vince Lombardi

### OBJETIVOS

- Reconocer las ventajas y desventajas del método MODAPTS para determinar estándares.
- Mencionar las cuatro características que hacen del MODAPTS una técnica fácil de aprender, comprender y usar.
- Definir, identificar y aplicar cada una de las 21 instrucciones representadas en las tarjetas MODAPTS.
- Determinar correctamente tiempos estándar por la técnica MODAPTS.

## ARREGLO MODULAR DE TIEMPOS ESTÁNDAR PREDETERMINADOS

---

Hasta 1940, los estudios de tiempo cuyo objetivo era determinar estándares eran efectuados por cronómetro. Posteriormente surgieron sistemas más complejos (MTM y WORKFACTOR) que constituyeron verdaderas técnicas innovadoras pues se apoyaban sólo en el análisis de los movimientos. Estos dos últimos sistemas, aun cuando en la actualidad se han desarrollado de manera notable, todavía presentan deficiencias. Entre ellas está la dificultad de aprenderlos y aplicarlos, y la relativa facilidad para olvidarlos. Su uso implica el manejo de tablas extensas y de personal adiestrado, con muchas horas de aprendizaje teórico y muchas de experiencia práctica.

Para tratar de compensar las desventajas de las técnicas anteriores, surge el sistema MODAPTS (que mide el tiempo que toma hacer un trabajo sin medir cada movimiento individual), con tanta fuerza que en la actualidad se impone en industrias, oficinas y hospitales.

### FUNDAMENTOS DEL MODAPTS

En el sistema MODAPTS las unidades de trabajo son denominadas módulos, que equivalen a 0.129 segundos.

Básicamente, esta técnica difiere de las otras existentes para fijación de estándares en las cinco características siguientes:

1. Todas las actividades se expresan en forma modular.
2. El método para clasificar movimientos es tal que el número real de unidades de actividad humana de trabajo representado por cada clasificación está contenido en su propia identificación descriptiva.
3. Las unidades seleccionadas distinguen:
  - a) Movimientos generales de dedos, manos y brazos a través del espacio, y
  - b) Los movimientos terminales del miembro del cuerpo cerca del trabajo que se está realizando.
4. La presentación de los datos en forma visual se puede memorizar como una imagen, mientras que todas las presentaciones anteriores tienen forma de tabla de palabras e ilustraciones.
5. Los factores básicos permiten que el sistema se aplique sin recurrir a tablas de valores.

Una persona que utiliza MODAPTS puede llegar al mismo tiempo estándar que obtuvo en ocasiones anteriores en una operación determinada. Dos personas que obtienen el tiempo estándar de una misma operación, independientemente, llegan al mismo valor.

Las 21 actividades que se incluyen en la carta se dividen en las siguientes clases:

1. *De movimiento:*

- I) Dedos
- II) Mano
- III) Antebrazo
- IV) Brazo con el hombro

2. *Terminales:*

- I) Obtener control:
  - GO Por contacto.
  - G1 Por simple agarre.
  - G3 Por más de un simple agarre.
- II) Cosas a su destino:
  - PO Poner sin control visual.
  - P2 Poner un control visual y hasta una corrección.
  - P5 Poner un control visual y más de una corrección.

3. *Otras:*

- I) Factor de carga (L1)
- II) Uso de ojos (E2)
- III) Resujetado (R2)
- IV) Decidir y reaccionar (D3)
- V) Acción de pie (F3)
- VI) Aplicar presión (A4)
- VII) Girar por revolución (C4)
- VIII) Caminar (por paso) (W5)
- IX) Encorvarse, doblarse o inclinarse y levantarse (B17)
- X) Sentarse o pararse (S30)

A continuación se explicará cada uno.

1. *Clases de movimiento.* Generalmente después de una actividad de movimiento sigue una actividad terminal. Las actividades de movimiento se pueden clasificar en dos categorías:
  - a) Por distancia movida.
  - b) Por parte del cuerpo que realiza el movimiento.

La técnica de MODAPTS mide las segundas, ya que permite menos cálculos y mayor velocidad. Además, la parte del cuerpo y la distancia recorrida están muy ligadas y, a este respecto, no es muy diferente de los otros sistemas, pues sólo tiene un enfoque diferente.

Los tiempos predeterminados requieren sistemas de medición de la distancia recorrida en cada movimiento. La técnica MODAPTS, en contraste, utiliza la clasificación del uso de las diferentes partes del cuerpo.

Al hablar de una operación de ensamble el operador puede ejecutar el movimiento de sus dedos, muñeca, antebrazo o todo el brazo para una actividad particular. El número de unidades MOD incluidas son dependientes de cualquiera de estas partes del cuerpo que pudo usar el operador.

Un movimiento que incluye sólo una operación con los dedos puede requerir menos MOD que una que incluye el antebrazo. Un movimiento que requiere la mano puede incluir menos MOD que uno que requiere todo el brazo.

Las partes mano/brazo se clasifican de acuerdo con las articulaciones, a saber:

- Los movimientos de los nudillos son movimientos de los dedos.
- Los movimientos de los codos son movimientos del antebrazo.
- Los movimientos de la muñeca son movimientos de las manos.
- Los movimientos del hombro son movimientos del brazo.

El número de MOD asociado con el movimiento general de cada una de las partes de la mano/brazo son fáciles de recordar:

- Los dedos son movimientos de 1 MOD.
- Las manos son movimientos de 2 MOD.
- Los antebrazos son movimientos de 3 MOD.
- Los brazos son movimientos de 4 MOD.
- Los brazos extendidos son movimientos de 5 MOD.

Así, los movimientos del dedo frecuentemente tienen un camino aproximado de 2.54 centímetros, los movimientos de la mano un camino de 5.8 centímetros, los movimientos de antebrazo de 15.24 centímetros, los movimientos de brazo de 30.48 centímetros, y los movimientos del brazo extendido de 45.72 centímetros.

La *primera clasificación* del movimiento es de 1 MOD y las del cuerpo que se necesitan para su realización son los dedos (por ejemplo, movimientos de los nudillos).

*Ejemplo.* Trate de girar su reloj de pulsera puesto en la muñeca. Ese movimiento hacia atrás del antebrazo será clasificado como 1 MOD.

*Ejemplo.* Coloque su dedo índice en su cabeza y rasque cinco veces rápido, pero ligeramente; el valor total de esto es de 9 MOD; cinco veces se movió el dedo para adelante y cuatro veces para atrás.

La *segunda clasificación* son movimientos de 2 MOD, movimientos de la muñeca de la mano. Esta clase de movimientos incluye los movimientos del dedo.

*Ejemplo.* Tome un pedazo de papel y póngalo en el escritorio. Con la pluma en la mano y el brazo sobre la mesa, escriba la palabra "movimiento" sin desplazar el brazo de su posición original. Ponga unas comillas después de la *o* y antes de la primera *m*, con el brazo en su posición original. Cuando se escribe la palabra "movimiento" y se ponen las primeras comillas se ejecuta una serie de movimientos del dedo de 1 MOD. Poner las segundas comillas requiere de un movimiento de la muñeca de 2 MOD.

Si un operador usa movimientos de 2 MOD para la muñeca cuando los movimientos de 1 MOD para los nudillos pudieron haber sido usados, sólo un movimiento de 1 MOD es admitido. Así, cuando estudiamos a un operador, no admitimos los movimientos que usa, sino los que pudieron haber sido usados.

La *tercera clasificación* son movimientos de 3 MOD del antebrazo asociados con movimientos en áreas reducidas. Es un movimiento de dedo, mano y antebrazo hacia el codo, y no hay un desplazamiento general del codo cuando se efectúa un movimiento del antebrazo.

*Ejemplo.* Ponga su mano derecha sobre la mano izquierda en la esquina izquierda de esta página. Ahora, tome la esquina derecha de esta página con la mano derecha y déle vuelta. El movimiento fue de 3 MOD con el antebrazo.

Al voltear la página usted puede hacer un movimiento que requiere un movimiento de todo el brazo, incluyendo el codo. Aunque, si se mueve la página 30.48 centímetros, retirándose de usted y descansa su codo sobre el escritorio, pudo haber sido volteada sin desplazar el codo. Debido a que el movimiento se completó con el antebrazo, es de 3 MOD.

*Ejemplo.* Tome una hoja de papel, apoye su pluma en el papel y dibuje una línea recta de aproximadamente 15.24 centímetros de longitud.

El movimiento involucrado al dibujar la línea fue un movimiento de 3 MOD y entonces fue un movimiento de antebrazo. Repita el último párrafo para una línea de la mitad de la longitud en pulgadas. Este movimiento es de 2 MOD y requiere el movimiento de la muñeca.

Todas las líneas pudieron haber sido dibujadas usando todo el brazo, sin embargo, cuando clasificamos el movimiento, nosotros seleccionamos la clase más baja del movimiento que pudo haber sido usado.

La *cuarta clasificación* son los movimientos de 4 MOD, movimientos con el brazo. Esta clase es característica de los movimientos normales de la mano libre y el brazo.

Los movimientos del brazo, o de 4 MOD, son los más comúnmente observados y generales en un área de trabajo abierta y no compacta.

La *quinta clasificación* son movimientos de 5 MOD o movimientos del brazo extendido. Estos movimientos incluyen más músculos del hombro que movimientos del brazo de 4 MOD y requieren el uso del brazo extendido.

Los movimientos de 5 MOD normalmente ocurren cuando no se requiere del apoyo o ayuda del cuerpo, con el brazo completamente extendido. Los movimientos de 5 MOD son usualmente de arriba hacia abajo, como para alcanzar un armario grande.

Los movimientos con el brazo extendido de 5 MOD ocurren cuando el brazo es extendido hacia la izquierda o derecha a 45 grados o más, o con movimientos completos a lo largo del cuerpo, de arriba hacia abajo. Esto sucede solamente si ninguna otra clase de movimiento puede ser usada. El máximo de los movimientos repetitivos normales de atrás hacia adelante como limar, amartillar, acerrar o frotar es de 3 MOD.

Un pequeño movimiento de frotar el nudillo o el dedo es de  $1/2$  MOD (cerca de 1.27 centímetros de movimiento dedo-nudillo). Un ejemplo podría ser cuando una mecanógrafa borra un error con un borrador para máquina de escribir.

2. *Clases terminales.* Las clases terminales se dividen en dos tipos:

- a) Obtener control. Viene después de haber alcanzado el objeto. Se denomina GET (tomar).
- b) Cosas a su destino. Viene después de que se ha transportado un objeto a un área general de movimiento. Se denomina PUT (poner).

Los del tipo I) son G0, G1 y G3, de los cuales G0 y G1 son de bajo control consciente, mientras que G3 es de alto control consciente.

Los del tipo II) son P0, P2 y P5, de los cuales P0 es de bajo control consciente mientras que P2 y P5 son de alto control consciente.

3. *Otras:* Describimos a continuación cada una de las actividades involucradas en esta clasificación.

I) *Factor peso* (L1). El manejar objetos pesados aun cuando tiene un patrón de movimientos igual a los usados para los objetos livianos será sustancialmente diferente.

Esto ocurre debido a la mayor inercia ocasionada por los objetos pesados. Significa que al moverlos tendrán una aceleración y desaceleración más lenta.

El factor peso toma en consideración el peso que se mueve y, además, si se usa una o ambas manos. En el caso de usarse ambas manos el peso total que se mueva se dividirá en dos, lo cual nos dará el valor neto para cada mano; en el caso de una sola mano se utilizará el peso total y por cada 8 libras de peso neto se tendrá el valor de un MOD agregado al valor del PUT.

Cuando se divide el peso y nos da fracciones, se redondeará al número inmediato superior. En caso de que sea deslizado en vez de ser cargado, sólo tomaremos  $2/3$  de su peso como el valor de la componente vertical que tomaremos en cuenta.

En caso de usar ambas manos, la componente de significancia será  $1/3$ .

II) *Uso ocular* (E2). El uso ocular ocurre cuando los ojos se usan para enfocar o encontrar algo, o mirar alrededor de un área.

Este elemento sólo se debe tomar en cuenta cuando todo otro movimiento que realiza el cuerpo se detiene. Este elemento es comparativamente raro y sólo sucede cuando se inspec-

ción algo minuciosamente o se revisan las instrucciones antes de llevar a cabo una operación.

Cada E2 podrá abarcar un área de 4" de diámetro y a una distancia de 38.1 centímetros de los ojos.

Antes, entre y después de cada enfoque ocular habrá también un movimiento de desplazamiento de los ojos que estará definido por E2. Este desplazamiento tendrá un valor máximo de 3E2, o sea, un control de 6 MOD.

Todas las operaciones de empaçado y ensamblado tienen cierto grado de inspección inherentes a ellas, pero se realizan tan pronto como se realiza la operación, por lo cual no será necesario recurrir a los E2.

E2 es un elemento determinado raro y tiene un valor de 2 MOD.

III) *Resujetado*. Si tomamos una pluma y la movemos hasta un papel para escribir en él, será inevitable que poco antes de empezar nos detengamos momentáneamente a reacomodarla para tenerla en una mejor posición. A esta alteración del sujeto se le llama resujetado (R2).

El resujetado ocurre frecuentemente en trabajos de pequeños ensambles donde se requiere trabajar de manera minuciosa y tiene un valor de 2 MOD.

IV) *Decidir y reaccionar* (D3). Cuando se toma cierto tiempo para decidir la acción y seguir, es necesario tomar en cuenta el elemento D3.

Este elemento se usa en proporción mínima en las inspecciones.

D3 tiene un valor de 3 MOD y se aplica solamente si toda la demás actividad se detiene por completo, o sea, que no se aplica si se está llevando a cabo otra actividad. Cubre sólo decisiones simples.

V) *Acción del pie* (F3). Muchas máquinas son accionadas por un pedal de pie. La operación del pedal se hace de tal manera que el talón se mantenga en el suelo como pivote.

Ejemplo: El acelerador de un automóvil.

El valor de F3 es 3 MOD. Para mover el pedal hacia abajo y después hacia arriba se necesitan 2F3 o sea 6 MOD.

VI) *Aplicar presión* (A4). Aplicar presión A4 se refiere a la acción de ejercer cierta fuerza muscular con objeto de conseguir control o para vencer la resistencia cuando se realiza una operación.

Este elemento, que es reconocido por la vacilación de los brazos mientras se aplica la presión, sólo debe tomarse en cuenta si todas las demás actividades que se realizan se detienen. A4 tiene un valor de 4 MOD.

VII) *Girar* (C4). Es una actividad que tiene como primordial finalidad mover la mano o el brazo en forma circular por más de 1/2 revolución. Ejemplo: lavar un auto o limpiar una superficie, siempre y cuando se haga en forma circular.



Este elemento tiene un valor de 4 MOD por revolución, o sea que cada vuelta será un C4. En caso de que el número de revoluciones tenga fracciones, éstas serán redondeadas al siguiente número.

El C4 no debe tener involucrados ni A4 ni L1 porque caería dentro de otro tipo de elementos.

VIII) *Caminar* (W5). W5 es aplicable para caminar hacia adelante, hacia atrás y hacia los lados (excepto el paso lateral que muchas veces se da para balancear el cuerpo cuando el brazo se estira o extiende mucho en algún movimiento).

La unidad de W5 es un paso y será igual a 5 MOD, por lo que los tiempos de caminata se toman con base en los pasos dados y no en la distancia recorrida.

Inmediatamente después de un W5, cualquier movimiento de dedos, manos o brazos será considerado de clase 2. Esto se debe a que la mano avanza hacia el objeto que se va a tomar durante el movimiento descendente del pie en el último paso.

IX) *Inclinarse y levantarse* (B17). B17 es un cambio de la vertical de la parte superior del cuerpo e incluye el tiempo que se tarda para regresar a la posición vertical de nuevo.

El valor de este elemento es de 17 MOD. Los movimientos terminales que siguen al elemento B17 serán de clase 2.

X) *Sentarse y pararse* (S30). Este elemento comprende lo siguiente: sentarse en una silla y ponerse de pie desde la posición de sentado. Además, toma en cuenta el tiempo que se tarda en poner la silla bajo las rodillas en la operación de sentarse y lo que se tarda en apartar la silla en la operación de pararse. El valor de S30 es de 30 MOD.

## ***Notación de una actividad***

La notación para tomar o poner que sigue el sistema MODAPTS es el siguiente:

(4G3)

En donde:

4 es la parte del cuerpo que realiza el movimiento (brazo). Y G3 es la actividad (obtener por más de un simple agarre).

Lo anterior se puede expresar así: (4,3).

Generalmente a un tomar le sigue un poner, por lo que: (4,G1), (4,P2).

Se puede poner (4,1) (4,2). Para mayor rapidez 4142.

## ***Ventajas del MODAPTS***

1. *Fácil entrenamiento.* Con un instructor calificado se requiere un tiempo de aprendizaje de 40 horas (aproximadamente la tercera parte de los sistemas similares).

2. *Facilidad de aplicación.* Se pueden calcular tiempos estándar finales después de sólo unos minutos de observar la operación.
3. *Exactitud.* Las pruebas que se han efectuado han demostrado que los resultados del tiempo estándar derivados de MODAPTS son comparables con los de otros sistemas de medición.
4. *Economía de operación.* En las empresas que no pueden pagar el costo de un grupo de especialistas, miembros del personal pueden establecer los estándares, sin conocimientos previos de sistemas similares.
5. *Diversidad de usos.* Se utiliza para:
  - a) Auditar estándares de trabajo existentes.
  - b) Fijar estándares de trabajo en:
    - Trabajo directo
    - Trabajo indirecto
    - Trabajo técnico y de oficina
  - c) Estimar costos
  - d) Evaluar alternativas

### ***Limitaciones del sistema MODAPTS***

Las funciones del sistema MODAPTS se ven limitadas en:

1. Ciclos muy cortos (abajo de 12 segundos para el MODAPTS).
2. Tiempo de funcionamiento de la máquina.
3. Retraso de proceso (detención del proceso).
4. Tolerancias de descanso y retraso.
5. Información detallada.
6. Cualquier otra actividad donde los patrones de movimiento no son controlados.

Figura 16.1. Formato y ejemplos de aplicación del MODAPTS

| FORMATO DEL ARREGLO MODAPTS                         |                          |                    |                 |                                         |            |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------------|------------|
| ARREGLO MODULAR DE TIEMPOS ESTÁNDAR PREDETERMINADOS |                          |                    |                 |                                         |            |
| ESTUDIO No.                                         |                          | ESTUDIO DE TIEMPOS |                 | Parte No.                               |            |
| PÁGINA: _____                                       |                          | DE: _____          |                 | DESCRIPCIÓN: _____                      |            |
| FECHA: _____                                        |                          |                    |                 | CLIENTE: _____ MODELO: _____            |            |
| ANALISTA: _____                                     |                          |                    |                 | OPERACIÓN No.: _____ DESCRIPCIÓN: _____ |            |
| DEPARTAMENTO: _____                                 |                          |                    |                 |                                         |            |
| SECCIÓN: _____                                      |                          |                    |                 | MÁQUINA No.: _____ DESCRIPCIÓN: _____   |            |
| OPERADOR: _____                                     |                          | No. C: _____       |                 |                                         |            |
| No.                                                 | Descripción de elementos | S y U              | Arreglo modular | Frecuencia                              | T subtotal |
| 1                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 2                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 3                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 4                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 5                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 6                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 7                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 8                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 9                                                   |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 10                                                  |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 11                                                  |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |
| 12                                                  |                          | S                  |                 |                                         |            |
|                                                     |                          | U                  |                 |                                         |            |

| DEFINICIONES DE MODAPTS                |                                    |                                |                           |                                    |                                       |
|----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 89 9/7<br>Movimiento de una extremidad | G1 1/7<br>Agarrar con 2 dedos      | G3 3/7<br>Agarrar con una mano | P2 2/7<br>Visualizar algo | P5 5/7<br>Posicionar algo. Colocar | L1 1/7 C/4 kg<br>Levantar algo        |
|                                        |                                    |                                |                           |                                    |                                       |
| E2 2/7<br>Visualizar algo              | R2 2/7<br>Pensar                   | F3 3/7<br>Agarrar con una mano | F6 3/7<br>Oprimir pedal   | A4 4/7<br>Pulsar o presionar       | G4 4/7<br>Giro del cuerpo, mano, etc. |
|                                        |                                    |                                |                           |                                    |                                       |
| W5 5/7<br>Por paso, caminar            | B17 17/7<br>Agacharse y levantarse | S3 3/7<br>Sentarse y pararse   |                           |                                    |                                       |
|                                        |                                    |                                |                           |                                    |                                       |

|                             |              |  |
|-----------------------------|--------------|--|
| TOTAL<br>TIEMPO<br>ESTÁNDAR | Σ T Subtotal |  |
|                             | Segundos     |  |
|                             | Minutos      |  |

|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| OBSERVACIONES | CROQUIS DEL PUESTO DE TRABAJO |
|---------------|-------------------------------|

Figura 16.2.

| 1. EJEMPLO DEL ARREGLO MODAPTS                      |                          |       |                              |                             |                     |              |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|-------|------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------|
| ARREGLO MODULAR DE TIEMPOS ESTÁNDAR PREDETERMINADOS |                          |       |                              |                             |                     |              |
| ESTUDIO DE TIEMPOS                                  |                          |       |                              | Parte No. 1                 |                     |              |
| ESTUDIO No. 001                                     |                          |       |                              |                             |                     |              |
| PÁGINA: 1 DE: 1                                     |                          |       |                              | DESCRIPCIÓN: ENGRAPAR HOJAS |                     |              |
| FECHA: SEPTIEMBRE 1996                              |                          |       |                              | CLIENTE: ITP                |                     | MODELO: A-47 |
| ANALISTA: CRIOLLO                                   |                          |       |                              | OPERACIÓN No.:              |                     | DESCRIPCIÓN: |
| DEPARTAMENTO: ENGARGOLADO                           |                          |       |                              | 1                           |                     | ENGRAPAR     |
| SECCIÓN: ENGRAPADO                                  |                          |       |                              | MAQUINA No.:                |                     | DESCRIPCIÓN: |
| OPERADOR: ALEJANDRO Z. No. C: 1                     |                          |       |                              | 1                           |                     |              |
| No.                                                 | Descripción de elementos | S y U | Arreglo modular              | Frecuencia                  | T subtotal          |              |
| 1                                                   | Tomar hoja               | S     | E2-B9-C4-E2                  | 1-2-1-1                     | 26/7                |              |
|                                                     |                          | U     | 2/7-9/7-4/7-2/7              | 2+18+4+2                    |                     |              |
| 2                                                   | Engrapa hojas            | S     | P5-A4                        | 1-1                         | 9/7                 |              |
|                                                     |                          | U     | 5/7-4/7                      | 5+4                         |                     |              |
| 3                                                   | Dejar hojas engrapadas   | S     | D3-P2-C4                     | 1-1-1                       | 9/7                 |              |
|                                                     |                          | U     | 3/7-2/7-4/7                  | 3+2+4                       |                     |              |
| 4                                                   | Sentarse y pararse       | S     | S30                          | 1                           | 30/7                |              |
|                                                     |                          | U     | 30/7                         | 30                          |                     |              |
| 5                                                   |                          | S     |                              |                             |                     |              |
| 6                                                   |                          | U     |                              |                             |                     |              |
| 7                                                   |                          | S     |                              |                             |                     |              |
| 8                                                   |                          | U     |                              |                             |                     |              |
| 9                                                   |                          | S     |                              |                             |                     |              |
| 10                                                  |                          | U     |                              |                             |                     |              |
| 11                                                  |                          | S     |                              |                             |                     |              |
| 12                                                  |                          | U     |                              |                             |                     |              |
|                                                     |                          |       | <b>TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR</b> |                             | $\Sigma T$ Subtotal | 74/7         |
|                                                     |                          |       |                              |                             | Segundos            | 10.57        |
|                                                     |                          |       |                              |                             | Minutos             | 0.18         |

| DEFINICIONES DE MODAPTS                |                                    |                                |                           |                              |                                       |
|----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| 89 9/7<br>Movimiento de una extremidad | G1 1/7<br>Agarrar con 2 dedos      | G3 3/7<br>Agarrar con una mano | P2 2/7<br>Visualizar algo | P5 5/7<br>Posicionar algo    | L1 1/7 C/4 kg<br>Levantar algo        |
| E2 2/7<br>Visualizar algo              | R2 2/7<br>Pensar                   | D3 3/7<br>Agarrar con una mano | P3 3/7<br>Oprimir pedal   | A4 4/7<br>Pulsar o presionar | C4 4/7<br>Giro del cuerpo, mano, etc. |
| W5 5/7<br>Por paso, caminar            | B17 17/7<br>Agacharse y levantarse | S30 30/7<br>Sentarse y pararse |                           |                              |                                       |

Diagrama de croquis del puesto de trabajo. Muestra una mano sosteniendo una hoja suelta, una mano usando una grapadora para unir hojas, y una mano sosteniendo un rollo de cinta adhesiva.

CROQUIS DEL PUESTO DE TRABAJO

Figura 16.3.

| 2. EJEMPLO DEL ARREGLO MODAPTS                      |                                   |       |                     |                                  |                                     |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| ARREGLO MODULAR DE TIEMPOS ESTÁNDAR PREDETERMINADOS |                                   |       |                     |                                  |                                     |
| ESTUDIO DE TIEMPOS                                  |                                   |       |                     |                                  |                                     |
| ESTUDIO No. 002                                     |                                   |       |                     | Parte No. 1014                   |                                     |
| PÁGINA: 1                                           |                                   | DE: 1 |                     | DESCRIPCIÓN: CAMISA MANGA CORTA  |                                     |
| FECHA: 0                                            |                                   |       |                     | CLIENTE: PACHA      MODELO: 1015 |                                     |
| ANALISTA: CRIOLLO                                   |                                   |       |                     | OPERACIÓN No.:      DESCRIPCIÓN: |                                     |
| DEPARTAMENTO: COSTURA                               |                                   |       |                     | 12      PEGAR BOTONES EN CAMISA  |                                     |
| SECCIÓN: MANGA CORTA                                |                                   |       |                     | MÁQUINA No.:      DESCRIPCIÓN:   |                                     |
| OPERADOR: RAÚL RAMÍREZ      No. C: 15               |                                   |       |                     | 10                               |                                     |
| No.                                                 | Descripción de elementos          | S y U | Arreglo modular     | Frecuencia                       | T subtotal                          |
| 1                                                   | Tomar botón y colocar en camisa   | S     | E2-C4-B9-P5         | 1-1-1-1                          | 20/7                                |
|                                                     |                                   | U     | 2/7-4/7-9/7-5/7     | 2+4+9+5                          |                                     |
| 2                                                   | Tomar camisa y colocar en máquina | S     | E2-C4-B8-P5-F3      | 1-1-3-2-1                        | 44/7                                |
|                                                     |                                   | U     | 2/7-4/7-9/7-5/7-3/7 | 2+4+27+10+3                      |                                     |
| 3                                                   | Tomar botón                       | S     | E2-B9               | 5-5                              | 55/7                                |
|                                                     |                                   | U     | 2/7-9/7             | 10+45                            |                                     |
| 4                                                   | Colocar botón en camisa           | S     | P5                  | 5                                | 25/7                                |
|                                                     |                                   | U     | 5/7                 | 25                               |                                     |
| 5                                                   | Posicionar camisa                 | S     | P5                  | 5                                | 25/7                                |
|                                                     |                                   | U     | 5/7                 | 25                               |                                     |
| 6                                                   | Accionar pedal                    | S     | F3                  | 5                                | 15/7                                |
|                                                     |                                   | U     | 3/7                 | 15                               |                                     |
| 7                                                   | Retira camisa y deja en mesa      | S     | B9-E2-C4-P5         | 2-1-1-1                          | 29/7                                |
|                                                     |                                   | U     | 9/7-2/7-4/7-5/7     | 18+2+4+5                         |                                     |
| 8                                                   | Sentarse y pararse en el proceso  | S     | S30                 | 1                                | 30/7                                |
|                                                     |                                   | U     | 30/7                | 30                               |                                     |
| 9                                                   |                                   | S     |                     |                                  |                                     |
|                                                     |                                   | U     |                     |                                  |                                     |
| 10                                                  |                                   | S     |                     |                                  |                                     |
|                                                     |                                   | U     |                     |                                  |                                     |
| 11                                                  |                                   | S     |                     |                                  |                                     |
|                                                     |                                   | U     |                     |                                  |                                     |
| 12                                                  |                                   | S     |                     |                                  |                                     |
|                                                     |                                   | U     |                     |                                  |                                     |
|                                                     |                                   |       |                     | TOTAL<br>TIEMPO<br>ESTÁNDAR      | Σ T Subtotal<br>Segundos<br>Minutos |
|                                                     |                                   |       |                     |                                  | 243/7<br>34.714<br>0.578            |

| DEFINICIONES DE MODAPTS                |                                    |                                |                           |                                    |                                       |
|----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 89 9/7<br>Movimiento de una extremidad | G1 1/7<br>Agarrar con 2 dedos      | G3 3/7<br>Agarrar con una mano | P2 2/7<br>Visualizar algo | P5 5/7<br>Posicionar algo. Colocar | L1 1/7 C/4 kg<br>Levantar algo        |
| E2 2/7<br>Visualizar algo              | R2 2/7<br>Pensar                   | D3 3/7<br>Agarrar con una mano | F3 3/7<br>Oprimir pedal   | A4 4/7<br>Pulsar o presionar       | C4 4/7<br>Giro del cuerpo, mano, etc. |
| W5 5/7<br>Por paso, caminar            | B17 17/7<br>Agacharse y levantarse | S30 30/7<br>Sentarse y pararse |                           |                                    |                                       |

OBSERVACIONES

Camisas      Contenedor de botones

Área de camisas terminadas

CROQUIS DEL PUESTO DE TRABAJO

Figura 16.4.

| 3. EJEMPLO DEL ARREGLO MODAPTS                      |                                                |       |                                          |              |            |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------|------------------------------------------|--------------|------------|
| ARREGLO MODULAR DE TIEMPOS ESTÁNDAR PREDETERMINADOS |                                                |       |                                          |              |            |
| ESTUDIO DE TIEMPOS                                  |                                                |       |                                          |              |            |
| ESTUDIO No. 3                                       |                                                |       | Parte No. NP-0101                        |              |            |
| PÁGINA: 1 DE: 1                                     |                                                |       | DESCRIPCIÓN: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO  |              |            |
| FECHA: OCTUBRE DE 1996                              |                                                |       | CLIENTE: FPE MODELO: NP-1 POLO           |              |            |
| ANALISTA: CRIOLLO                                   |                                                |       | OPERACIÓN: IT-03 DESCRIPCIÓN:            |              |            |
| DEPARTAMENTO: ENSAMBLE                              |                                                |       | ENSAMBLAR INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO     |              |            |
| SECCIÓN:                                            |                                                |       | MÁQUINA No.: DESCRIPCIÓN:                |              |            |
| OPERADOR: RAÚL RAMÍREZ No. C: 3                     |                                                |       | PUESTO DE TRABAJO No. 5 MESA DE ENSAMBLE |              |            |
| No.                                                 | Descripción de elementos                       | S y U | Arreglo modular                          | Frecuencia   | T subtotal |
| 1                                                   | Tomar base interruptor                         | S     | B9-P2-P5                                 | 1-1-1        | 16/7       |
|                                                     |                                                | U     | 9/7-2/7-5/7                              | 9+2+5        |            |
| 2                                                   | Tomar componentes para ensamble                | S     | B9-P2-R2-P5                              | 6-6-6-6      | 108/7      |
|                                                     |                                                | U     | 9/7-2/7-2/7-5/7                          | 54+12+12+30  |            |
| 3                                                   | Tomar tapa                                     | S     | B9-P2-P5                                 | 1-1-1        | 16/7       |
|                                                     |                                                | U     | 9/7-2/7-5/7                              | 9+2+5        |            |
| 4                                                   | Tomar remache                                  | S     | B9-P2-P5                                 | 3-3-3        | 48/7       |
|                                                     |                                                | U     | 9/7-2/7-5/7                              | 27+6+15      |            |
| 5                                                   | Inspeccionar palanca                           | S     | C4-P2-A4                                 | 1-1-2        | 14/7       |
|                                                     |                                                | U     | 4/7-2/7-4/7                              | 4+2+8        |            |
| 6                                                   | Colocar interruptor en remachadora calibradora | S     | B9-P5-A4                                 | 1-1-1        | 18/7       |
|                                                     |                                                | U     | 9/7-5/7-4/7                              | 9+5+4        |            |
| 7                                                   | Retirar interruptor                            | S     | B9-P5-C4                                 | 1-1-1        | 18/7       |
|                                                     |                                                | U     | 9/7-5/7-4/7                              | 9+5+4        |            |
| 8                                                   | Inspección final                               | S     | G4-A4                                    | 1-2          | 11/7       |
|                                                     |                                                | U     | 3/7-4/7                                  | 3+8          |            |
| 9                                                   | Dejar contenedor                               | S     | B9                                       | 1            | 9/7        |
|                                                     |                                                | U     | 9/7                                      | 9            |            |
| 10                                                  |                                                | S     |                                          |              |            |
|                                                     |                                                | U     |                                          |              |            |
| 11                                                  |                                                | S     |                                          |              |            |
|                                                     |                                                | U     |                                          |              |            |
| 12                                                  |                                                | S     |                                          |              |            |
|                                                     |                                                | U     |                                          |              |            |
| TOTAL TIEMPO ESTÁNDAR                               |                                                |       |                                          | Σ T Subtotal | 258/7      |
|                                                     |                                                |       |                                          | Segundos     | 36.86      |
|                                                     |                                                |       |                                          | Minutos      | 0.614      |

| DEFINICIONES DE MODAPTS                |                                    |                                |                           |                                    |                                       |
|----------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 89 9/7<br>Movimiento de una extremidad | G1 1/7<br>Agarrar con 2 dedos      | G3 3/7<br>Agarrar con una mano | P2 2/7<br>Visualizar algo | P5 5/7<br>Posicionar algo. Colocar | L1 1/7 C/4 kg<br>Levantar algo        |
| E2 2/7<br>Visualizar algo              | R2 2/7<br>Pensar                   | B3 3/7<br>Agarrar con una mano | P3 3/7<br>Oprimir pedal   | A4 4/7<br>Pulsar o presionar       | O4 4/7<br>Giro del cuerpo, mano, etc. |
| W5 5/7<br>Por paso, caminar            | B17 17/7<br>Agacharse y levantarse | S3 3/7<br>Sentarse y pararse   |                           |                                    |                                       |

**CROQUIS DEL PUESTO DE TRABAJO**

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

Antis, William y Honeycutt, John M. Jr., *Movimientos básicos del MTM*, Herrero Hermanos. México, 1973.

Maynard, H. B., *Manual de ingeniería de la producción industrial*, Reverté. México, 1960.

Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfa Omega. México, 1990.

Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed. Ginebra, Suiza. 1977.

Cuando vayan mal las cosas, como a veces suelen ir,  
cuando ofrezca tu camino sólo cuestas que subir,  
cuando tengas poco haber, pero mucho que pagar,  
y precises sonreír aun teniendo que llorar,  
cuando el dolor te agobie y ya no puedas sufrir,  
descansar acaso debes, ¡pero nunca desistir!

Anónimo

### OBJETIVOS

- Reconocer las ventajas y desventajas del método MOST en la obtención de estándares.
- Mencionar las cuatro características que hacen del MOST una técnica fácil de aprender, comprender y usar.
- Definir, identificar y aplicar cada una de las instrucciones representadas en las tarjetas MOST.
- Determinar correctamente tiempos estándares mediante la técnica MOST.

## INTRODUCCIÓN

MOST es un sistema predeterminado de la cuarta generación, el cual permite el análisis de cualquier operación manual y algunas operaciones con equipo. El concepto MOST se basa en actividades fundamentales, que se refieren a la combinación de movimiento de los objetos; las formas básicas de movimiento son descritas por secuencias.



## CONCEPTO DE MOST

### LA MEDIDA DE TRABAJO

Ésta se utiliza, básicamente, cuando se quiere saber el tiempo requerido para cumplir el planeamiento, determinar la calidad de la ejecución, y establecer los costos. Por ejemplo, en una empresa que requiera fabricar un nuevo producto con el uso de un sistema y tiempos de movimientos predeterminados, se podrían llevar a cabo los procesos de planeamiento y determinación del presupuesto. Así, con los tiempos de fabricación y de montaje de varias piezas y/o componentes, un gerente podría:

1. Determinar el costo laboral total del producto y la cantidad de obreros que se requieren.
2. Precisar el número de máquinas, la cantidad de materiales requeridos, y cuándo se deben recibir.
3. Determinar el programa total de la producción y establecer metas para la producción.
4. Llevar hasta el final la producción y el cumplimiento de las metas.
5. Comprobar la eficiencia departamental o de algunos individuos.
6. Conocer los gastos reales de producción y pagar de acuerdo con los resultados.

Una vez que se tiene experiencia en la manufactura de productos, ésta se puede usar para planear el futuro. Esa información muestra lo que pasó exactamente y se puede usar para pronosticar si: las condiciones y los procesos originales serán repetidos exactamente y las acciones que van a ser ejecutadas serán exactamente como aquellas sobre las cuales se basan los datos históricos. Cuando el trabajo se hace bajo estas condiciones, los datos históricos funcionan bien.

Con esta técnica se utilizan tres tipos de secuencias de actividad que son fundamentales para medir el trabajo manual, más un cuarto tipo para medir los movimientos de objetos con grúas manuales:

1. *La secuencia de mover general* (para movimiento espacial de un objeto que está libremente por el aire).
2. *La secuencia de mover controlado* (para el movimiento de un objeto cuando queda en contacto con una superficie o se junta a otro objeto durante el movimiento).
3. *La secuencia de utilización de herramientas* (para el uso de herramientas manuales comunes).

### LA SECUENCIA DE MOST BÁSICO

Por *mover general* se entiende el mover objetos con las manos de un lugar a otro a través del aire. Se compone de cuatro subactividades que cubren diferentes situaciones:

- A Distancia de acción (principalmente horizontal).
- B Movimiento del cuerpo (principalmente vertical).

- $G$  Obtener control.
- $P$  Poner.

Esas subactividades se ordenan en un modelo de la secuencia de la técnica MOST (ver la tabla 17.1) que consiste en una serie de parámetros organizados en una secuencia lógica. A cada parámetro se le aplican subíndices de valores relacionados con el tiempo, que indican el contenido de movimiento de cada uno de ellos. Una secuencia de mover general con sus subíndices aparecería así:

$A_6 \quad B_6 \quad G_1 \quad A_6 \quad B_0 \quad P_3 \quad A_0$

donde:

$A_6$  = Andar de tres a cuatro pasos hacia la ubicación del objeto.

$B_6$  = Agacharse y levantarse.

$G_1$  = Obtener control de un objeto liviano.

$A_6$  = Mover el objeto a una distancia dentro del alcance.

$B_0$  = No hay movimiento del cuerpo.

$P_3$  = Colocar y ajustar el objeto.

$A_0$  = No volver al lugar inicial.

Este ejemplo representa la siguiente actividad: caminar tres pasos para levantar un perno del nivel del suelo, levantarse y colocar el perno en un agujero.

Mover general es usado con más frecuencia que las otras tres secuencias. Cerca de 50% del trabajo manual ocurre como mover general; el porcentaje es más alto para trabajos de montaje o manipulación de materiales, y más bajo en los talleres de maquinaria.

El segundo tipo de mover es descrito por la secuencia de mover controlado (tabla 17.1). Esta secuencia se usa para cubrir actividades tales como la operación de una palanca o una manivela, la activación de un botón o llave eléctrica, o simplemente para deslizar un objeto sobre una superficie. Además de los parámetros de  $A$ ,  $B$  y  $G$  de la secuencia de mover general, el modelo de la secuencia para mover controlado incluye las siguientes subactividades:

- $M$  Movimiento controlado.
- $X$  Tiempo del proceso.
- $I$  Alineación.

Alrededor de una tercera parte de las actividades que ocurren en un taller de maquinaria incluyen movimientos controlados. En trabajos de montaje, la cantidad es mucho menor. Una actividad típica es la de engranar con la placa de alimentación de una fresadora. Para esta operación, el modelo de la secuencia con sus índices, aparecería así:

$A_1 \quad B_0 \quad G_1 \quad M_1 \quad X_{10} \quad I_0 \quad A_0$

donde:

$A_1$  = Alcanzar una palanca.

$B_0$  = Sin movimiento del cuerpo.

Tabla 17.1 Modelos de la secuencia de la técnica MOST.

| MOST BÁSICO. TÉCNICA DE LA MEDIDA DE TRABAJO |                     |                                                                                                       |
|----------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ACTIVIDAD                                    | MODELO DE SECUENCIA | SUBACTIVIDADES                                                                                        |
| Mover general                                | A B G A B P A       | A. Acción distancia<br>B. Movimiento del cuerpo<br>G. Obtener control<br>P. Colocar                   |
| Mover controlado                             | A B G M X I A       | M. Movimiento controlado<br>X. Tiempo del proceso<br>I. Alineación                                    |
| Utilización de herramientas                  | A B G A B P A B P A | F. Apretar<br>L. Soltar<br>C. Cortar<br>S. Tratar superficie<br>M. Medir<br>R. Registrar<br>T. Pensar |

$G_1$  = Obtener control de la palanca.

$M_1$  = Mover la palanca hasta 30 cm para meter la alimentación.

$X_0$  = Tiempo del proceso de aproximadamente 3.5 s.

$I_0$  = Sin alineación.

$A_0$  = Sin volver al lugar inicial.

El tercer modelo de la secuencia que está incluido en la técnica MOST es el *Modelo de la secuencia de la utilización de las herramientas*. Esta secuencia abarca el uso de herramientas manuales para actividades tales como apretar o soltar, cortar, limpiar, calibrar y grabar. Incluso, ciertas actividades mentales pueden ser clasificadas como utilización de herramientas: leer y pensar.

En realidad, esta secuencia es una combinación de las actividades de mover general y mover controlado.

El uso de una llave para tuercas puede ser descrito por la secuencia que sigue:

$$A_1 B_0 G_1 A_1 B_0 P_3 F_{10} A_1 B_0 P_1 A_0$$

donde:

$A_1$  = Alcanzar la llave.

$B_0$  = Sin movimiento del cuerpo.

$G_1$  = Obtener control de la llave.

Tabla 17.2 Secuencia de mover general.

| CONVERSIONES PARA CALCULAR TIEMPOS ESTÁNDAR |   |               |
|---------------------------------------------|---|---------------|
| 1 TMU                                       | = | 0.00001 hora  |
| 1 TMU                                       | = | 0.0006 minuto |
| 1 TMU                                       | = | 0.036 segundo |
| 1 hora                                      | = | 100 000 TMU   |
| 1 minuto                                    | = | 1 667 TMU     |
| 1 segundo                                   | = | 27.8 TMU      |

$A_1$  = Mover la llave a un cerrador dentro del alcance.

$B_0$  = Tiempo del proceso de aproximadamente 3.5 s.

$P_3$  = Colocar la llave sobre el cerrador.

$F_{10}$  = Apretar el cerrador con la llave.

$A_1$  = Mover la llave una distancia dentro del alcance.

$B_0$  = Sin movimiento del cuerpo.

$P_1$  = Colocar la llave sobre el cerrador.

$A_0$  = Sin volver al lugar inicial.

## UNIDADES DE TIEMPO

Las unidades de tiempo usadas en MOST son idénticas a las usadas en MTM se basan en horas y partes de horas que se llaman unidades de media del tiempo (TMU-Time Measurement Unit). Un TMU equivale a 0,00001 horas, la tabla 17.2 proporciona las conversiones para calcular los tiempos estándar.

## SECUENCIA DE MOVER GENERAL

El mover general se caracteriza por seguir una secuencia fija de subactividades que consta de las siguientes etapas:

1. Alcanzar con una o dos manos el objeto u objetos, ya sea con o sin la ayuda de movimientos del cuerpo, con o sin pasos.
2. Obtener control manual del objeto.
3. Mover el objeto una distancia hacia el punto donde ha de colocarse, directamente o en conjunción, con movimientos del cuerpo o con pasos.
4. Colocar el objeto en una posición temporal o final.
5. Volver al lugar inicial.

## MODELO DE SECUENCIA

El *modelo de secuencia* toma la forma de una serie de letras, llamadas parámetros, que representan las variadas de la secuencia de mover general. Los parámetros de la secuencia de mover general describen el modelo de cinco etapas ya indicado:

A      B      G      A      B      P      A

donde:

A = Distancia de acción.

B = Movimiento del cuerpo.

G = Obtener control.

P = Colocar.

## DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS

**A Distancia de acción.** Incluye todos los movimientos espaciales de los dedos, manos y/o pies, ya sea con o sin carga. Cualquier control externo de estas acciones requiere el uso de otros parámetros.

**B Movimiento del Cuerpo.** Incluye todos los movimientos verticales (hacia arriba o hacia abajo) del cuerpo, o las acciones necesarias para superar una obstrucción o impedimento para el movimiento del cuerpo.

**G Obtener control.** Incluye todos los movimientos manuales (principalmente de los dedos, manos, y pies) que se requieren para obtener el control manual de uno o más objetos, y más tarde abandonar el control. El parámetro G incluye uno o varios movimientos cortos cuyo objetivo será lograr el control total del objeto (u objetos) antes de moverlo a otra ubicación.

**P Colocar.** Incluye todos los movimientos de la etapa final del desplazamiento de un objeto con el propósito de alinear, orientar, y/o encajar el objeto con otro u otros antes de abandonar el control.

## FASES DE LA SECUENCIA DE MOVER GENERAL

El desplazamiento espacial de un objeto ocurre en tres fases distintas, como se demuestra en la división de la secuencia de mover general que sigue:

|         |       |        |
|---------|-------|--------|
| Obtener | Poner | Volver |
| A B G   | A B P | A      |

La primera fase, nombrada *Obtener*, describe las acciones usadas para llegar al objeto (con movimiento del cuerpo si es necesario) y lograr el control del mismo. El parámetro A indica la distancia que se desplaza la mano o el cuerpo para llegar al objeto, el B representa

la necesidad para el movimiento del cuerpo durante la acción, y el  $G$  indica el grado de dificultad para ganar el control del objeto.

La fase que se llama *Poner* describe las acciones que son necesarias para mover el objeto de una a otra ubicación. Como antes, los parámetros  $A$  y  $B$  indican la distancia que la mano o el cuerpo viaja con el objeto, y la necesidad de movimientos del cuerpo durante el mover antes de colocar el objeto. El parámetro  $P$  describe la manera en la cual se coloca el objeto.

La tercera fase se usa simplemente para indicar la distancia viajada por el operador para volver al lugar de trabajo después de la colocación del objeto.

## PONER ÍNDICES A LOS PARÁMETROS

El analista deberá preguntarse lo siguiente antes de aplicar los índices al modelo de la secuencia:

1. ¿Cuál es el objeto que se mueve?
2. ¿Cómo se mueve (determinar el modelo de la secuencia apropiado)?

Además, al asumir que el modelo de secuencia es un mover general, determinar:

3. ¿Qué hace el operador para obtener el objeto? (Establecer los valores de los índices para los parámetros  $A$ ,  $B$  y  $G$  de la primera fase.)
4. ¿Qué hace el operador para obtener el objeto? (Determinar los valores de los índices para los parámetros  $A$ ,  $B$  y  $G$  de la segunda fase.)
5. ¿Usa el operador el parámetro de volver? (Determinar el índice final del  $A$  de la tercera fase.)

Pero, si el analista también busca mejorar los métodos, debe hacerse otra pregunta:

6. ¿Esta actividad es necesaria para hacer la tarea?

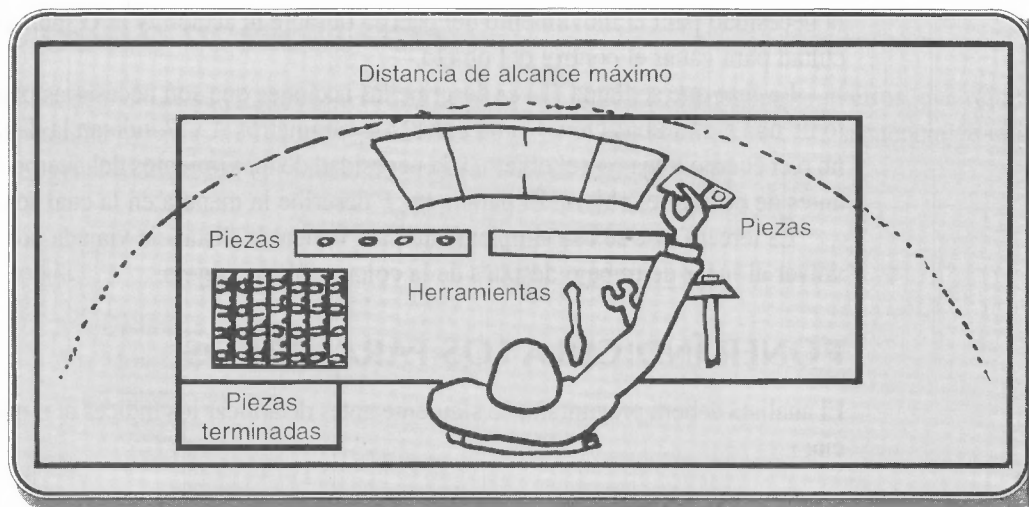
La aplicación de los índices a cada parámetro del modelo de la secuencia de mover general se cumple por observación o formación de una imagen mental clara de las acciones del operador durante cada fase de la actividad, y la selección de las variantes de los parámetros apropiados para la tarjeta de datos. Para la aplicación manual de MOST, el índice para cada parámetro es seleccionado de la columna que está a la extrema derecha o a la extrema izquierda, y se describe como subnúmero del parámetro (ver tabla 17.4).

## SUBACTIVIDADES

### *Distancia de acción (A)*

La *distancia de acción* cubre todos los movimientos espaciales o acciones de los dedos, las manos y/o los pies, ya sea con o sin carga. Cualquier movimiento o control adicional que estas acciones requieran, necesita el uso de otros parámetros.

$$A_0 \leq 5 \text{ cm (2 pulgadas)}$$



**Figura 17.1**  
Piezas, objetos  
y herramientas  
ubicados dentro  
de alcance.

Cualquier desplazamiento de los dedos, las manos y/o los pies a una distancia inferior o igual a 5 cm (2 pulgadas) llevará un valor subíndice de cero. El tiempo para realizar estos movimientos cortos está incluido en los parámetros de Obtener control y Colocar.

*A<sub>1</sub> dentro de alcance.* Estas acciones cubren el área barrida por el brazo extendido teniendo el hombro como punto de giro: no se necesita ninguna palabra clave. Con pequeñas ayudas del cuerpo, una pequeña inclinación *P* rotación del cuerpo desde la cintura, el área de Alcanzar puede extenderse un poco más. Sin embargo, cuando se necesita algún paso para extender el alcance, se excede el límite de *A*.

*Ejemplo.* En un puesto de trabajo bien distribuido, pueden alcanzarse todas las piezas y herramientas sin necesidad de mover el cuerpo (figura 17.1).

*A<sub>3</sub> uno o dos pasos.* El tronco del cuerpo se mueve o se desplaza al caminar, al dar pasos hacia el lado, o bien, al girar el cuerpo y dar uno o dos pasos. Por *pasos* se entiende el número de veces que el pie toca el suelo.

Las distancias en la tabla 17.3 están basadas en un paso normal de 0.60 m (2 ft). Cuando no es posible observar a un operador para determinar los pasos usados, se debe medir la distancia. En este caso, si hay obstrucciones, si la carga es pesada, o si hay escaleras empinadas, tal vez sea necesario usar pasos más cortos o validar los valores. Los valores de *A* en distancia de acción normalmente se aplican en movimientos horizontales, pero también se utilizan para subir o bajar una escalera (escalones) con inclinación normal.

*Fase de volver.* En la secuencia de mover general, el parámetro *A* final se usa normalmente para asignar tiempo a un operador para que vuelva caminando a su lugar de trabajo normal. Esto permite una pausa lógica entre los modelos de las secuencias o entre sub-operaciones.

**Tabla 17.3** Distancia de acción-tablas de valores extendidos. Leer los valores como "hasta e incluyendo".

| DISTANCIA DE ACCIÓN     |         |                          |                         |
|-------------------------|---------|--------------------------|-------------------------|
| VALOR DEL ÍNDICE<br>(A) | PASOS   | DISTANCIA<br>(metros, m) | DISTANCIA<br>(pies, ft) |
| 24                      | 11-15   | 12                       | 38                      |
| 32                      | 16-20   | 15                       | 50                      |
| 42                      | 21-26   | 20                       | 65                      |
| 54                      | 27-33   | 25                       | 83                      |
| 67                      | 34-40   | 30                       | 100                     |
| 81                      | 41-49   | 38                       | 123                     |
| 96                      | 50-57   | 44                       | 143                     |
| 113                     | 58-67   | 51                       | 168                     |
| 131                     | 68-78   | 59                       | 195                     |
| 152                     | 79-90   | 69                       | 225                     |
| 173                     | 91-102  | 78                       | 255                     |
| 196                     | 103-115 | 88                       | 288                     |
| 220                     | 116-128 | 98                       | 320                     |
| 245                     | 129-142 | 108                      | 355                     |
| 270                     | 143-158 | 120                      | 395                     |
| 300                     | 159-174 | 133                      | 435                     |
| 330                     | 175-191 | 146                      | 478                     |

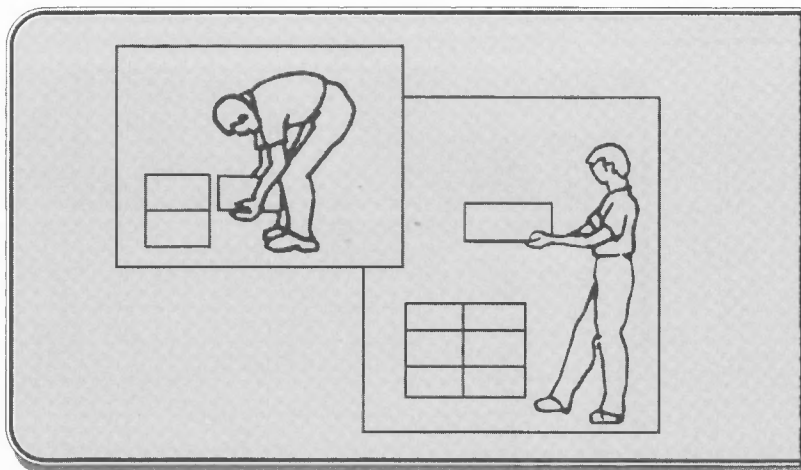
### ***Movimiento del cuerpo (B)***

El movimiento del cuerpo se refiere a los movimientos verticales del cuerpo (hacia arriba y hacia abajo) o las acciones que son necesarias para superar cualquier obstrucción o impedimento al movimiento del mismo (figura 17.2).

*B3 agacharse y levantarse con frecuencia de 50%.* Agacharse y levantarse requiere sólo 50% del tiempo en actividades repetitivas, tales como apilar o desapilar varios objetos. La definición usada para *agacharse* es que el cuerpo se inclina lo suficiente para permitir que las manos lleguen más abajo de las rodillas, y luego vuelvan a la posición vertical. En realidad, no es necesario que las manos lleguen más abajo de las rodillas, solamente que el cuerpo esté en posición de permitir esa acción como se muestra en la figura 17.3.

*B6 agacharse y levantarse.* De pie y con el cuerpo en posición erecta, el cuerpo se agacha para permitir que las manos lleguen más abajo de las rodillas y luego se vuelve a la posición



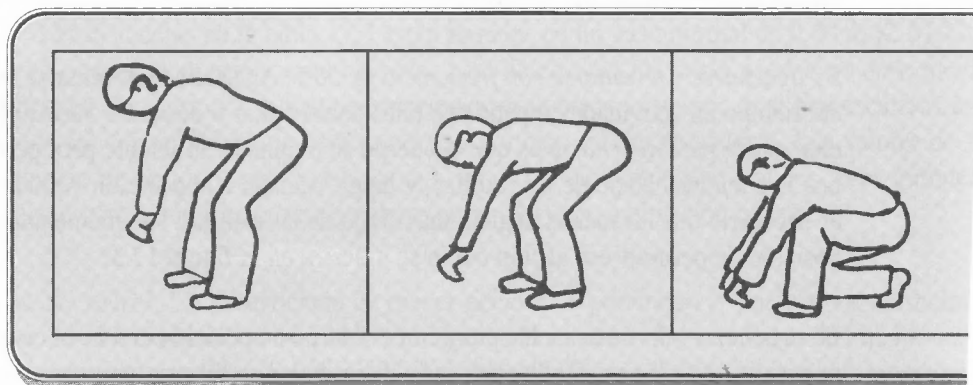


**Figura 17.2**  
Agacharse y  
levantarse con  
frecuencia de  
50%.

vertical. Ver la definición del párrafo anterior. Como se ilustra en la figura 17.3, el B6 puede ser simplemente agacharse por la cintura con las rodillas tíasas, con las rodillas dobladas o arrodillarse en una rodilla.

*B10 sentarse o levantarse.* Para sentarse o levantarse se requieren movimientos de las manos de los pies y del cuerpo para colocar la silla o situar el cuerpo, ya sea antes o después del movimiento. Si la silla o banquillo está fijo, pero se necesitan algunos movimientos de los pies o del cuerpo para acomodarse, el B10 también se aplica. Note que el B10 cubre sentarse o levantarse, pero no los dos.

*B16 levantarse y agacharse.* A veces, una persona que está sentada en un escritorio debe levantarse y caminar a un sitio para obtener el control de un objeto ubicado debajo del nivel de las rodillas, donde se requiere agacharse y levantarse. En este caso, se usa el parámetro B6 en la fase Obtener.



**Figura 17.3**  
Ejemplos de  
agacharse y  
levantarse. Note  
que en cada  
caso las manos  
pueden llegar  
más abajo de  
las rodillas.

**B16 agacharse y sentarse.** Esta combinación de agacharse y sentarse se aplica cuando al obtener el control, el operador debe agacharse y levantarse y después sentarse antes de colocar el objeto. Ese índice se usa en la fase Poner.

**B16 subirse o bajarse.** Subirse o bajarse de una plataforma de aproximadamente un metro de altura, incluye una serie de movimientos de las manos y las piernas para levantar o bajar el cuerpo.

**B16 pasar por una puerta.** Pasar a través de una puerta consiste en: alcanzarla, agarrar el tirador, girarlo, abrir la puerta, pasar al otro lado y luego cerrarla. Este índice se aplica a casi todas las puertas, incluyendo las de vaivén.

Los tres o cuatro pasos que se requieren para pasar a través de la puerta están incluidos en el valor de B16.

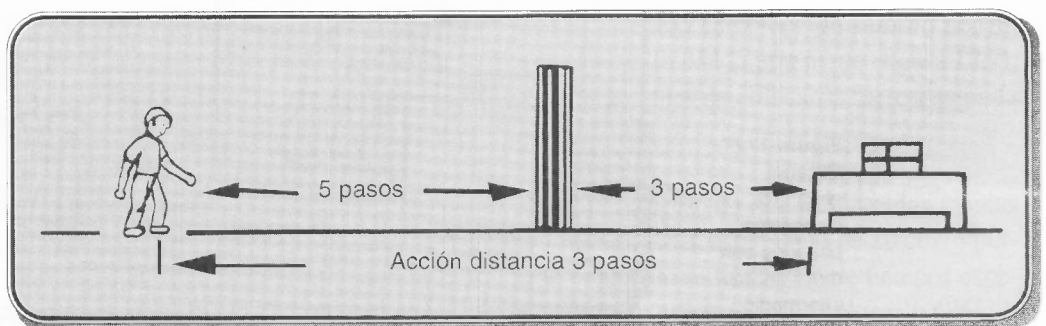
La aplicación correcta es ilustrada en la figura 17.4

**Ejemplo.** Un operador camina cinco pasos a una puerta, pasa al otro lado y camina tres pasos a un escritorio, donde toma un objeto ligero y lo coloca en el piso al lado del escritorio. Note que los cinco pasos y los tres pasos (en los dos lados de la puerta) son una porción de la fase de Obtener control del objeto. La aplicación correcta requiere la suma de los pasos para permitir la acción a una distancia de sólo ocho pasos (A16). El análisis apropiado para este ejemplo es:

| Obtener         |                 |                | Poner          |                | Volver         |                |         |
|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|
| A <sub>16</sub> | B <sub>16</sub> | G <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> | B <sub>5</sub> | P <sub>1</sub> | A <sub>0</sub> | 410 TMU |

### Obtener control (G)

Obtener control cubre todos los movimientos (principalmente de los dedos, manos y pies) que se requieren para obtener por completo el control de uno o más objetos y, después, para aban-



**Figura 17.4**  
Aplicación de  
B16. Conjunto  
con distancia  
de acción.

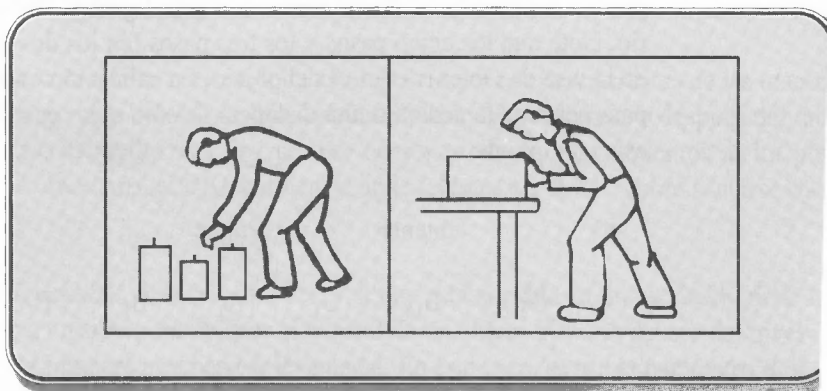
donar ese control. El parámetro  $G$  incluye uno o más movimientos cortos cuando el objetivo es obtener el control total de uno o más objetos antes de moverlos a otra ubicación.

*G1 objeto ligero.* Es posible utilizar cualquier clase de agarrar siempre que no existan las dificultades que se explican en las variantes del parámetro  $G3$ . El objeto puede encontrarse junto a otros, sobre una superficie plana, o bien, solo. El control se obtiene tocando el objeto con los dedos, mano o pie (agarrar por contacto) o por medio de una acción de agarrar más complicada, como lo es agarrar un objeto entre varios similares. Se pueden utilizar una o dos manos siempre que se agarre un solo objeto.

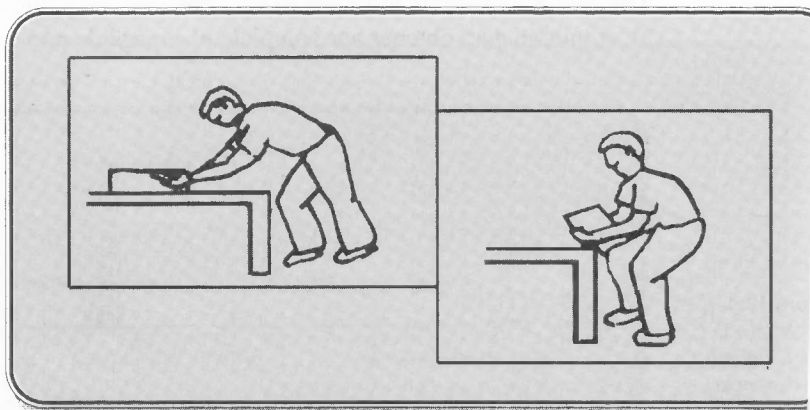
Por consiguiente, cuando se considera la variante de peso para el parámetro  $G_1$  el criterio más importante no es el peso real del objeto, sino la vacilación o pausa que se requiere para poner en tensión los músculos antes de mover el objeto (ver la figura 17.5).

El peso también afecta el modo de obtener el control. Antes de obtener el control total quizá sea necesario mover o volver a orientar el objeto. Tal vez se requiera retener el objeto temporalmente, deslizarlo y luego obtener el control total (ver la figura 17.6).

**Figura 17.5**  
Ejemplos de  $G3$ ,  
obtener control  
de objetos  
pesados o  
gruesos.



**Figura 17.6**  
Obtener  
el control  
de objetos  
pesados con  
movimientos  
intermedios.



*G3 desengranar o interconectados.* La aplicación de la fuerza muscular es necesaria para liberar el objeto. *Desengranar* se caracteriza por la aplicación de presión (para superar la resistencia), seguido por el movimiento repentino y el rechazo del objeto. Sin embargo, el rechazo del objeto debe seguir un camino sin restricciones a través del aire.

### **Colocar (P)**

*Colocar* se refiere a las acciones que ocurren en la etapa final del desplazamiento de un objeto con el propósito de alinear, orientar o encajar un objeto con otro antes de abandonar el control. Básicamente, el valor del índice es seleccionado por la dificultad encontrada durante la colocación, la cual incluye la inserción de hasta 5 cm (2 pulgadas) pero no más. Inserciones de más de 5 cm (2 pulgadas) deben ser consideradas como otros movimientos, por lo general de la secuencia de mover controlado.

*P0 lanzar un objeto u objetos.* No hay colocación. El objeto es recogido y retenido. La colocación verdadera ocurre en otra secuencia.

*P1 dejar al lado.* El objeto se deja a un lado sin movimientos de ajuste o alineación. La colocación requiere poco o ningún control mental, visual o muscular.

*P1 ajuste holgado.* Se requiere un ajuste o corrección en el momento de colocar el objeto a fin de colocarlo en una posición predeterminada. Las tolerancias serán lo suficientemente grandes de modo que no se necesite ejercer presión para encajar los objetos.

*P3 ajustes.* Los ajustes se definen como las acciones correctivas que ocurren en el punto de colocación y que son causadas por: la dificultad de manejar el objeto, la presión del ajuste, la falta de simetría de las piezas de engranaje o condiciones de trabajo incómodas. Los ajustes se pueden reconocer como esfuerzos obvios, vacilaciones, o movimientos de corrección en el punto de colocación para alinear, orientar y/o encajar el objeto.

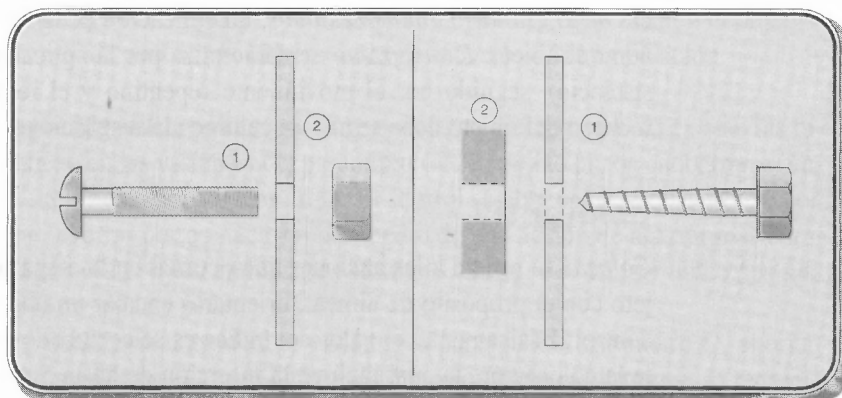
*P3 presión ligera.* A causa de las tolerancias ajustadas o la naturaleza de la colocación, a veces se requiere la aplicación de fuerza muscular para asentar un objeto. Esto ocurre, por ejemplo, cuando se necesita introducir un casquillo en una llave de casquillo o en un trinquete.

*P3 poner doble.* Existen dos colocaciones distintas durante la actividad total de colocar. Por ejemplo, para montar dos piezas sujetadas en un útil, primero se coloca un tornillo por un agujero en ambas piezas antes de poner la tuerca en el tornillo con la otra mano (figura 17.7). La primera colocación ocurre con el tornillo en el agujero antes de colocar la tuerca, seguida por la segunda colocación de la tuerca en el tornillo.

Este parámetro también se aplica a un objeto en un proceso de alineación a dos marcas después de un mover general. No obstante, las marcas no pueden estar a más de 10 cm (4 pulgadas) de distancia. Si la distancia excede 10 cm (4 pulgadas) se necesitará de tiempos especiales para movimientos de los ojos, y se requerirá cuidado adicional para colocarlo (*P6*).

**Figura 17.7**

- a) Pasar un tornillo a través del agujero antes de colocar la tuerca.  
b) Asegurar un objeto a otro.



*Ejemplo.* Poner un original en una máquina de fotocopias.

*P6 cuidado o precisión, presión fuerte.* Se necesita de mucho cuidado para colocar un objeto que debe ir unido a otro en forma precisa. Cuando esto ocurre, el movimiento se caracteriza por la lentitud de colocar debido a un alto grado de control mental, visual o muscular.

*Ejemplo.* Enhebrar una aguja. Colocar una varilla para soldar en un circuito electrónico. Colocar un libro en un espacio muy reducido en un estante.

*P6 a ciegas u obstruido.* Las condiciones son similares a las encontradas en el parámetro de obtener control con el mismo título. El acceso al punto de colocación es restringido porque hay un obstáculo que impide que el operador vea el punto de colocación, o crea una obstrucción para la mano o los dedos cuando se trata de colocar el objeto. La ubicación es a ciegas, el operador debe “tentar o palpar” el lugar de la colocación antes de que el objeto pueda ser colocado. Cuando hay una obstrucción, los dedos o la mano necesitan manipular alrededor del obstáculo antes de colocar el objeto con ajustes.

*Ejemplo.* Colocar una tuerca en un tornillo escondido. Colocar una bujía en el bloque de un motor después de mover las manos entre los alambres del distribuidor.

## EJEMPLOS DE MOVER GENERAL

1. Un hombre camina cuatro pasos para levantar una maleta del piso, y sin moverse más la coloca sobre una mesa que está a su alcance.

$$A_6 \quad B_6 \quad G_1 \quad A_1 \quad B_0 \quad P_1 \quad A_0$$

$$(6 + 6 + 1 + 1 + 0 + 1 + 0) \times 10 = 150 \text{ TMU}$$

2. Un operador que está situado frente a un torno camina seis pasos hacia una pieza pesada que está sobre el suelo. Toma la pieza, vuelve a la máquina y, mediante varios ajustes, la

coloca en el mandril de tres mordazas. La pieza debe introducirse 10 cm (4 pulgadas) dentro de las mordazas.

$$\begin{array}{ccccccc}
 A_{10} & B_8 & G_3 & A_{10} & B_0 & P_3 & A_0 \\
 A_0 & B_0 & G_0 & M_1 & X_0 & I_0 & A_0 \\
 (10 + 6 + 3 + 10 + 0 + 3 + 0) \times 10 = & 320 \text{ TMU} \\
 (0 + 0 + 0 + 1 + 0 + 0 + 0) \times 10 = & 10 \text{ TMU} \\
 & \underline{330 \text{ TMU}}
 \end{array}$$

3. De una pila que está a una distancia de 3 m (10 ft), se debe mover un objeto pesado a una distancia de 1.5 m (5 ft), para colocarlo sobre un banco de trabajo con algunos ajustes. La altura de esta pila varía de la cintura al nivel del piso. Después de colocar el objeto, el operador vuelve a su posición original que está a 3.5 m (11 ft) de distancia.

$$\begin{array}{ccccccc}
 A_6 & B_3 & G_3 & A_3 & B_0 & P_3 & A_{10} \\
 (6 + 3 + 3 + 3 + 0 + 3 + 10) \times 10 = & 280 \text{ TMU}
 \end{array}$$

4. Un operador de montaje toma un puñado de arandelas de un recipiente situado al alcance de su mano, y coloca una en cada uno de seis pernos situados también al alcance de su mano. Devuelve el resto de las arandelas al recipiente. Los pernos están situados a 10 cm (4 pulgadas) de distancia.

$$\begin{array}{ccccccc}
 A_1 & B_0 & G_3 & (A_1 & B_0 & P_1) & A_0 \quad (6) \\
 (1 + 0 + 3 + (1 + 0 + 1) \times 6 + 0) \times 10 = & 160 \text{ TMU}
 \end{array}$$

5. Un operador obtiene el control de dos herrajes dentro del alcance y ubicados a más de 5 cm uno del otro. Los coloca en bandejas separadas también dentro del alcance, ubicadas menos de 5 cm (2 pulgadas).

$$\begin{array}{ccccccc}
 (A_1 & B_0 & G_1) & A_1 & B_0 & (P_1) & A_0 \quad (2) \\
 ((1 + 0 + 1) \times 2 + 1 + 0 + (1) \times 2 + 0) \times 10 = & 70 \text{ TMU}
 \end{array}$$

## SECUENCIA DE MOVER CONTROLADO

La *secuencia de mover controlado* describe el desplazamiento manual de objetos sobre una trayectoria controlada. Es decir, el movimiento es restringido por lo menos en una dirección por contacto o con enlace a otro objeto; o bien, la naturaleza del trabajo demanda que el objeto sea movido deliberadamente en una trayectoria específica.

Al igual que en la secuencia de mover general, en el mover controlado se procede de acuerdo con una secuencia de subactividades identificada por las siguientes etapas:

Tabla 17.4 Tarjetas de datos del movimiento general

| →     | ABGABPA                             |                                                         | MOVIMIENTO GENERAL                                                                            |                                                                                           |       |
|-------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| VALOR | A                                   | B                                                       | G                                                                                             | P                                                                                         | VALOR |
|       | ACCIÓN<br>DISTANCIA                 | MOVIMIENTO<br>DEL CUERPO                                | OBTENER<br>CONTROL                                                                            | LUGAR                                                                                     |       |
| 0     | — 2 pulgadas —<br>— 5 centímetros — |                                                         |                                                                                               | Sostener<br>Arrojar                                                                       | 0     |
| 1     | Dentro de<br>alcance                |                                                         | Objeto ligero<br>Objetos ligeros<br>simultáneos                                               | Poner a un lado<br>holgado                                                                | 1     |
| 3     | 1 - 2<br>Pasos                      | Flexionarse<br>y<br>Levantarse<br>50% del caso          | No simultáneos<br>Pesado y voluminoso<br>Oculto y obstruido<br>Soltar<br>Ensamblado<br>Juntar | Ajustes<br>Presión ligera<br>Doble                                                        | 3     |
| 6     | 3 - 4<br>Pasos                      | Flexionarse<br>y<br>Levantarse                          |                                                                                               | Cuidado y precisión<br>Presión fuerte<br>Oculto u obstruido<br>Movimientos<br>intermedios | 6     |
| 10    | 5 - 7<br>Pasos                      | Sentarse o<br>levantarse                                |                                                                                               |                                                                                           | 10    |
| 16    | 8 - 10<br>Pasos                     | A través de la<br>puerta<br><br>Subir o bajar<br>rampas |                                                                                               |                                                                                           | 16    |

1. Alcanzar a una distancia con una o dos manos el objeto, o bien, de manera directa o conjunta con movimientos del cuerpo o pasos.
2. Obtener control manual del objeto.
3. Mover el objeto sobre una trayectoria controlada (dentro del alcance o con pasos).
4. Permitir tiempo para que ocurra un proceso.
5. Alinear el objeto después del movimiento controlado o después del tiempo de proceso.
6. Devolver al lugar del trabajo.

Estas seis subactividades forman la base para la secuencia de actividades que describe el desplazamiento manual del objeto sobre una trayectoria controlada (ver tabla 17.10).

## MODELO DE SECUENCIA

El *modelo de la secuencia* toma la forma de una serie de letras que representa cada una de las subactividades (se llaman parámetros) de las actividades de la secuencia de mover controlado.

A B G M X I A

donde:

A = Distancia de acción.

B = Movimiento del cuerpo.

G = Obtener control.

M = Movimiento controlado.

X = Tiempo del proceso.

I = Alineación.

## DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS

Sólo tres parámetros nuevos son introducidos: los parámetros A, B y G fueron tratados en la secuencia de mover general, por lo que permanecen sin cambio.

*M Movimiento controlado.* Este parámetro se usa para analizar todos los movimientos guiados manualmente, así como las acciones del objeto sobre una trayectoria controlada.

*X Tiempo de proceso.* Este parámetro se refiere a la porción del trabajo controlado por aparatos electrónicos, aparatos mecánicos o máquinas, no por acciones manuales.

*I Alineación.* Este parámetro se usa para analizar las acciones manuales subsiguientes al movimiento controlado o a la conclusión del tiempo del proceso para lograr la alineación de objetos.

## FASES DEL MODELO DE SECUENCIA

Un mover controlado es ejecutado bajo una de tres condiciones: 1) el objeto o aparato es frenado por su enlace con otro objeto, tal como un botón de contacto, una palanca, una puerta o una manivela; 2) es controlado durante el movimiento por el contacto con la superficie de otro objeto, como cuando se empuja una caja sobre una mesa; o 3) es movido sobre una trayectoria controlada para cumplir una tarea como plegar una tela, enrollar una soga, devanar un hilo en un carrete, mover un artículo balanceado, o para evitar un riesgo como la electricidad, un cuerpo afilado, o maquinaria en operación. Si el objeto no es movido libremente por el objeto no influido por ninguna de esas condiciones, el movimiento debe ser analizado como mover general.



La división del modelo de secuencia de mover controlado revela que, como el mover general, tres fases ocurren durante la actividad de mover controlado.

| Obtener      | Mover o Actuar | Volver   |
|--------------|----------------|----------|
| <i>A B G</i> | <i>M X I</i>   | <i>A</i> |

Las fases de obtener y devolver de mover controlado tienen el mismo parámetro que el modelo de secuencia de mover general y, por consiguiente, describen las mismas subactividades. La diferencia fundamental entre los dos modelos de las secuencias es la actividad que sigue inmediatamente después del parámetro *G*, esta fase (la segunda) simplemente describe las acciones para mover un objeto sobre una trayectoria controlada, para actuar como un aparato de control, y muchas veces para iniciar un proceso. Por lo general, *mover* se refiere a que los parámetros *M* e *I* del modelo de secuencia están implicados, pero *actuar* usualmente se aplica a las situaciones que implican los parámetros *M* y *X*. Naturalmente, para mover o actuar, cualquiera o todos los parámetros en el modelo de la secuencia pueden ser usados y considerados. Por ejemplo, un mover ocurriría cuando se abre la puerta de una caja de herramientas o se desliza una caja al otro lado de una mesa. Asimismo, emplear el embrague de una máquina o lanzar una llave eléctrica para empezar un proceso son ejemplos de actuar.

## SUBACTIVIDADES

### *Movimiento controlado (M)*

El movimiento controlado incluye todos los movimientos guiados manualmente a las acciones de los objetos sobre una trayectoria controlada. Los valores para los índices del parámetro *M* son determinados bajo dos categorías anotadas en la tarjeta de datos para mover controlado. La categoría que más prevalece está en la columna con el título “Empujar, jalar, girar”. La otra categoría de “Voltear” se refiere a un mover especial que trata manivelas, volantes de mano u otros aparatos que requieren un movimiento de voltear. Las variantes de los siguientes parámetros se refieren a un objeto o aparato que es engoznado, girado sobre un pivote (es decir, una puerta, una palanca o un tirador), restringido por los alrededores (por ejemplo, por guías, ranuras o la fricción de la superficie) o por otras circunstancias especiales que precisan movimiento en una trayectoria controlada (ver tabla 17.10).

Etapa  $\leq 30$  cm (12 pulgadas)

El desplazamiento del objeto se logra por un movimiento de los dedos, las manos o los pies que no exceda 30 cm (12 pulgadas).

*Ejemplos.* Embragar el avance de una máquina-herramienta con una palanca corta de mano. Apretar el embrague con el pie. Abrir una tapa bisagra de una caja chica de herramientas, empujar una caja 25 cm (10 pulgadas) sobre un banco.

*M1 botón, interruptor, perilla.* El aparato actúa por una acción corta de apretar; mover o girar los dedos, las manos, las muñecas o los pies.

*Ejemplo.* Apretar el botón de “espera” en un teléfono. Manejar un interruptor de luz en la pared. Girar la perilla de una puerta.

*M3 una etapa > a 30 cm (12 pulgadas).* El desplazamiento del objeto se logra con un movimiento de los dedos, las manos o los pies, que exceda más de 30 cm (12 pulgadas). El desplazamiento *M* máximo cubierto por este parámetro ocurre con la extensión del brazo más la ayuda del cuerpo.

*Ejemplos.* Deslizar una caja sobre los rollos de un transportador. Jalar > 30 cm (12 pulgadas) un montacargas de cadena a todo su largo total. Cerrar la puerta de un gabinete. Abrir completamente el cajón de un fichero.

*M6 dos etapas > 30 cm (12 pulgadas) o con uno o dos pasos.* El objeto se desplaza en dos direcciones o con incrementos de más de 30 cm (12 pulgadas) sin abandonar el control.

*Ejemplos.* Alcanzar una palanca y, sin abandonar el control, empujar hacia adelante 15 cm (6 pulgadas), y después 50 cm (20 pulgadas) hacia el lado.

$$A_1 \quad B_0 \quad G_1 \quad M_6 \quad X_0 \quad I_0 \quad A_0 \quad 8_0$$

*M10 tres a cuatro etapas o con tres a cinco pasos.* El objeto se desplaza en tres o cuatro direcciones, con incrementos sin abandonar el control, o es empujado o jalado en una cinta de transportador.

*Ejemplos.* De la posición de marcha atrás, cambiar hasta la primera en una caja de cuatro velocidades de un coche, fijar el escogedor de avance y velocidad de un torno paralelo. Empujar una caja en una cinta de transportador andando cuatro pasos.

*M16 movimiento controlado con seis a nueve pasos.* Un *M16* cubre la acción de empujar o jalar un objeto con seis, siete, ocho, o nueve pasos, a veces se necesitarán más de nueve pasos; por ejemplo, sobre un transportador. La tabla 17.5 muestra los valores de los índices extendidos.

**Tabla 17.5** Valores de índices extendidos para empujar o jalar.

| EMPUJAR O JALAR |                 |       |
|-----------------|-----------------|-------|
| PASOS           | VALOR DE ÍNDICE | PASOS |
|                 | <i>M24</i>      | 10-13 |
|                 | <i>M32</i>      | 14-18 |
|                 | <i>M42</i>      | 19-24 |
|                 | <i>M54</i>      | 25-31 |
|                 | <i>M57</i>      | 32-39 |

**Tabla 17.6** Resumen de movimientos del pie.

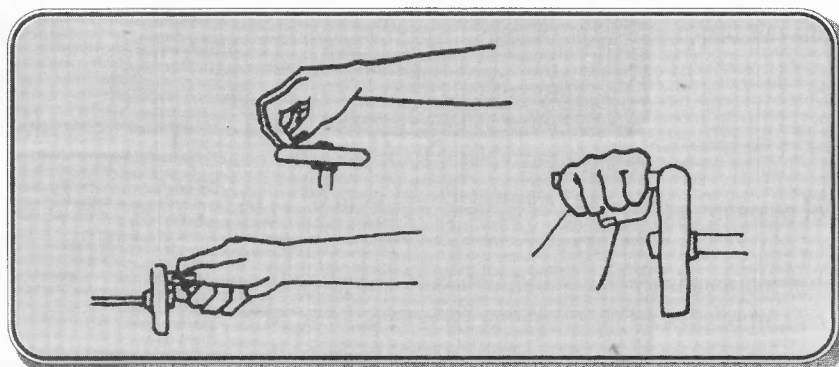
| ACTIVIDAD                                                   | ANÁLISIS |
|-------------------------------------------------------------|----------|
| Pie a pedal (sin desplazamiento de cuerpo)                  | A1       |
| Andar a un paso                                             | A3       |
| Obtener control de un pedal                                 | G1       |
| Empujar un pedal $\leq 30$ cm (12 pulgadas)                 | M1       |
| Empujar un pedal $> 30$ cm, (12 pulgadas) o con resistencia | M3       |
| Actuar pedal con control alto (accionar un embrague)        | M3       |

### *Resumen de movimientos del pie*

El *movimiento del pie* puede aparecer en el modelo de la secuencia de mover controlado con los parámetros *A* (dist. de acción) *G* (obtener control) o *M* (movimiento controlado), como se ve en la tabla 17.6.

### *Voltear*

Esta categoría de movimiento controlado se refiere a los movimientos manuales empleados para girar objetos tales como manivelas, ruedas de mano y carretes. Las acciones de voltear se ejecutan con el antebrazo girando sobre el pivote del codo, la mano girando sobre el pivote de la muñeca (más de media revolución), el objeto o aparato se mueve en una trayectoria circular o casi circular, por los dedos y la mano o por la mano y el antebrazo. Si hay menos de media revolución se usa un valor de índice para empujar o jalar. La distancia total que la mano se mueve puede ser más grande que cualquier otro movimiento descrito en el parámetro del movimiento controlado. Por tal razón se ha creado una columna aparte para voltear en las tarjetas de datos. En la figura 17.8 las dos últimas presentaciones a la izquierda muestran los movimientos de voltear.



**Figura 17.8**  
Ejemplo  
de voltear.

**Tabla 17.7** Valores de índices para “Voltear” basados en el número de revoluciones completadas.

| VOLTEAR          |                        |
|------------------|------------------------|
| VALOR DEL ÍNDICE | NÚMERO DE REVOLUCIONES |
| M1               | -                      |
| M3               | 1                      |
| M6               | 3                      |
| M10              | 6                      |
| M16              | 11                     |
| M24              | 16                     |
| M32              | 21                     |
| M42              | 28                     |
| M54              | 36                     |

*Ejemplos.* Mover el soporte corredizo de un torno volteando un volante de mano. Hacer un agujero en un bloque de madera volteando la manivela de un taladro de mano.

### **Tiempo del proceso (X)**

El *tiempo del proceso* se refiere a la parte del trabajo que es controlada por aparatos electrónicos o mecánicos, o por máquinas, y no por acciones manuales. El aparato de X de la secuencia de mover controlado intenta cubrir tiempos fijos de procesos de duración relativamente corta hasta el índice máximo de 330. Los tiempos del proceso más largos y variables (como los tiempos para las máquinas basadas en las velocidades y avances) por lo general se calculan y se anotan por separado como tiempo del proceso. La tabla 17.8 da los valores de los índices para tiempos de procesos basados en el tiempo actual en segundos, minutos u horas, durante los cuales ocurre el proceso de una máquina. Se elige el índice que corresponda al tiempo actual observado o calculado. Como en todos los casos de valores de índices, los tiempos anotados en la tabla 17.8 salen como “Hasta e incluyendo”.

*Ejemplo.* Hay un tiempo de proceso de 6 s entre el momento de empujar el botón y la producción de una copia en una copiadora (X16). Después de la actuación de una llave hay un periodo para calentar un tubo de rayos catódicos. Una punzonadora empieza el ciclo 1.5 s después de que los botones de palmas se golpean (X3).

### **Alineación (I)**

La *alineación* se refiere a las acciones manuales que siguen al movimiento controlado o a la terminación del tiempo de proceso con el fin de lograr la alineación de los objetos. El valor de tiempo de este movimiento está en función del grado de precisión requerido.

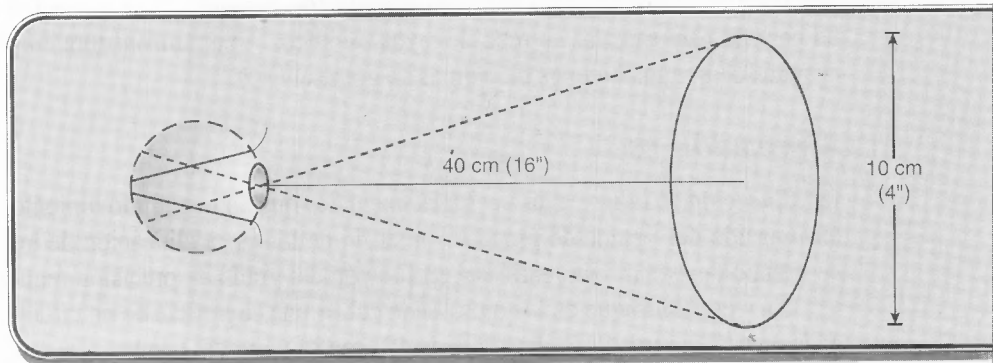
Un simple enfoque de los ojos puede cubrir una superficie de un círculo de 10 cm (4 pulgadas) de diámetro, a una distancia de 40 cm (16 pulgadas) de los ojos (figura 17.9). Dentro

de esta área se puede realizar la alineación del objeto sin “tiempos suplementarios” para enfocar la vista. Si el objeto debe alinearse con dos puntos que estén a una distancia mayor 10 cm (4 pulgadas) entre sí, se necesitan dos alineaciones debido a que los ojos no pueden enfocar los dos puntos a la vez.

**Tabla 17.8** Valores de los índices por tiempos de procesos (X). Leer los valores como “Hasta incluyendo”.

| TIEMPO DE PROCESO   |          |         |        |
|---------------------|----------|---------|--------|
| VALOR DE ÍNDICE (X) | SEGUNDOS | MINUTOS | HORAS  |
| 1                   | 0.5      | 0.01    | 0.0001 |
| 3                   | 1.5      | 0.02    | 0.0004 |
| 6                   | 2.5      | 0.04    | 0.0007 |
| 10                  | 4.5      | 0.07    | 0.0012 |
| 16                  | 7.0      | 0.11    | 0.0019 |
| 24                  | 9.5      | 0.16    | 0.0027 |
| 32                  | 13.0     | 0.21    | 0.0036 |
| 42                  | 17.0     | 0.28    | 0.0047 |
| 54                  | 21.5     | 0.36    | 0.0060 |
| 67                  | 26.0     | 0.44    | 0.0073 |
| 81                  | 31.5     | 0.52    | 0.0088 |
| 96                  | 37.0     | 0.62    | 0.0104 |
| 113                 | 43.5     | 0.72    | 0.0121 |
| 131                 | 50.5     | 0.84    | 0.0141 |
| 152                 | 58.0     | 0.97    | 0.0162 |
| 173                 | 66.0     | 1.10    | 0.0184 |
| 196                 | 74.5     | 1.24    | 0.0207 |
| 220                 | 83.5     | 1.39    | 0.0232 |
| 245                 | 92.5     | 1.54    | 0.0257 |
| 270                 | 102.0    | 1.70    | 0.0284 |
| 300                 | 113.0    | 1.88    | 0.0314 |
| 330                 | 124.0    | 2.06    | 0.0344 |

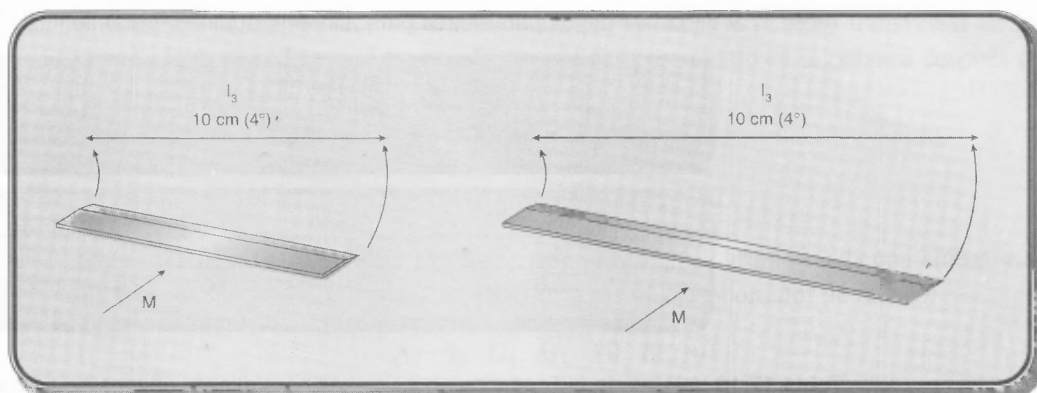
Basado en un cuadro publicado en *United States Bulletin No. 297* (Washington, 1988).



**Figura 17.9**  
Áreas  
de visión  
normal.

**Figura 17.10**

Alinear un objeto a puntos ubicados  $\leq 10$  cm (4 pulgadas) entre sí (a la izquierda); a  $> 10$  cm (4 pulgadas) entre sí (a la derecha).



*I1 a punto.* Después de un movimiento controlado, un objeto es alineado a un punto. Se usa cuando la necesidad de precisión es moderada y se puede satisfacer con una sola acción correctiva.

*Ejemplo.* Alinear una hoja de sierra de cinta a una marca en un bloque antes de serrar.

*I3 a dos puntos  $\leq 10$  cm (4 pulgadas) entre sí.* La alineación del objeto se realiza con dos puntos que se encuentran a una distancia menor de 10 cm (4 pulgadas) entre sí. Por ejemplo, después de un movimiento controlado, alinear una regla de 30 cm (12 pulgadas) con dos marcas situadas a 7.5 cm (3 pulgadas). Esa variante necesita mayor exactitud que el *I1*, por lo que incluye el tiempo para hacer más de una acción correctiva dentro del área de visión normal.

*I6 a dos puntos  $> 10$  cm (4 pulgadas) entre sí.* La alineación del objeto se realiza con dos puntos que se encuentran a una distancia mayor de 10 cm (4 pulgadas) entre sí. Por ejemplo, después de un movimiento controlado alinear una regla de 30 cm con dos marcas situadas a 20 cm (8 pulgadas), como se muestra en la figura 17.10. Un punto está fuera del área de visión normal, y se necesita tiempo adicional del ojo para realizar varios movimientos correctivos y enfoques que proporcionen el tiempo para coordinar la mano y el ojo.

*I16 con precisión.* Después de un movimiento controlado, la alineación de un objeto se debe realizar con mucho cuidado o precisión. Por ejemplo, para alinear una planilla de curvas para dibujar se necesita un *I16*. Cuando un movimiento controlado incluye una alineación, el parámetro *M* describe sólo la distancia del viaje del objeto, o de  $\leq 30$  cm (12 pulgadas); o  $> 30$  cm (12 pulgadas).

## Operaciones de máquina

El *trabajo de máquina* necesita variantes de los parámetros con definiciones un poco distintas a las de las situaciones típicas. En general, los movimientos de la reacción siguen movimientos de voltear los controles de las máquinas. Para algunas máquinas modernas, los primeros movimientos controlados pueden ser la activación de un botón con un tiempo de proceso para alinear alguna parte de la máquina con otra, o con el objeto. Por razones de los

Tabla 17.9 Variantes de los parámetros para alinear máquinas-herramientas.

| ALINEACIÓN             |                    |                   |
|------------------------|--------------------|-------------------|
| VALOR DEL ÍNDICE CLAVE | ALINEAR A          | PALABRA           |
| /3                     | Objeto             | Alinear-pieza     |
| /6                     | Marca de escala    | Alinear-marca     |
| /10                    | Dial del indicador | Alinear-indicador |

Tabla 17.10 Valores de índices y palabras-claves para alinear objetos no típicos.

| VALOR DEL ÍNDICE | MÉTODO DE COLOCAR                   | PALABRA-CLAVE | CARACTERÍSTICA DEL OBJETO NO-TÍPICO |
|------------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| /0               | Contra topes                        |               | Llano                               |
| /3               | Un ajuste al tope                   | Guiar         | Guiar grande                        |
| /6               | Dos ajustes al tope                 | Ajustar       | Débil                               |
|                  | Un ajuste a dos topes               |               | Agudo                               |
| /10              | Tres ajustes al tope situar         | Situar        | Difícil de manejar                  |
|                  | Dos a tres ajustes a marca de línea |               |                                     |

usos específicos, las variantes no fueron incluidas en la tarjeta de datos. Sin embargo, esos datos están incluidos como especiales en la tabla 17.9.

La herramienta de filo se alinea al objeto antes de iniciar la acción de cortar. Los controles se deben manipular de manera que el filo apenas toque el objeto.

*16 hasta una marca en la escala graduada.* Al mover la manivela o la rueda del carro, la herramienta se alinea mediante la escala graduada del nonio correspondiente antes de empezar el corte. Si es necesario se incluyen algunos golpes del puño para llegar a la alineación final.

*110 a un indicador de disco.* La herramienta queda alineada haciendo los correspondientes movimientos de manivela o rueda manual de acuerdo con las indicaciones del disco.

## EJEMPLOS DE MOVER CONTROLADO

1. Situado frente a un torno, el operador camina dos pasos hacia un lado, luego da dos vueltas a la manivela y coloca la herramienta de filo contra la marca de la escala.

$$\begin{aligned} &A_3 \quad B_0 \quad G_1 \quad M_6 \quad X0 \quad I6 \quad A0 \\ &(3 + 1 + 6 + 6) \times 10 = 160 \text{ TMU} \end{aligned}$$

2. El operador de una fresadora camina cuatro pasos hacia la palanca transversal de un avance rápido y embraga el avance. El tiempo de movimiento de la palanca después de un movimiento de 10 cm (4 pulgadas) es de 2.5 s.

$$A_6 \quad B_0 \quad G_1 \quad M_1 \quad X6 \quad I0 \quad A0 \\ (6 + 1 + 1 + 6) \times 10 = 140 \text{ TMU}$$

3. Un operador que maneja los materiales toma una caja de cartón pesada con ambas manos y la empuja 45 cm (18 pulgadas) a lo largo de un transportador de rodillo.

$$A_1 \quad B_0 \quad G_3 \quad M_3 \quad X0 \quad I0 \quad A0 \\ (1 + 3 + 3) \times 10 = 70 \text{ TMU}$$

4. El operador de una máquina de coser hace una costura que requiere 3.5 s del tiempo del proceso; utiliza el pedal de pie para poner la máquina en marcha (el operador debe alcanzar el pedal con el pie). Luego empujar el pedal TP 3.5 s (para puntada) (ver tabla 17.11).

$$A_1 \quad B_0 \quad G_1 \quad M_1 \quad X10 \quad I0 \quad A0 \\ (1 + 1 + 1 + 10) \times 10 = 130 \text{ TMU}$$

## SECUENCIA DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS

La *secuencia de utilización de herramientas* es una combinación de las secuencias de mover general y mover controlado; cubre el manejo y la utilización de las herramientas de mano más comunes, así como algunas acciones ejecutadas por determinados miembros del cuerpo que se usan como una herramienta (ver tablas 17.14 y 17.15).

Hoy día hay dos tarjetas de datos para cubrir una gran cantidad de herramientas.

### MODELO DE SECUENCIA

La utilización de herramientas sigue una serie fija de subactividades que componen las cinco fases de la secuencia:

1. Obtener herramientas (objeto).
  - a) Alcanzar con las manos una distancia a la herramienta directamente o en conjunción con movimientos del cuerpo o con pasos.
  - b) Obtener control manual de la herramienta.
2. Poner la herramienta (u objeto) en la ubicación para usar.
  - a) Mover la herramienta una distancia al lugar donde será usada, directamente o en conjunción con movimientos del cuerpo o con pasos.
  - b) Colocar la herramienta (u objeto) en la posición de uso.
3. Utilizar la herramienta: aplicar algún número o valor de acciones de la herramienta.



Tabla 17.11 Tarjeta de datos del movimiento controlado.

| MOST BÁSICO |                                                                                                                      |                                                                                             |         |                      |                |              |                                       |                                                   |             |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------|----------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------|
| ABGMXIA     |                                                                                                                      |                                                                                             |         |                      |                |              |                                       |                                                   |             |
| ÍNDICE<br>× |                                                                                                                      | M                                                                                           |         | X                    |                |              | I                                     |                                                   | ÍNDICE<br>× |
|             |                                                                                                                      | MOVIMIENTO<br>CONTROLADO                                                                    |         | TIEMPO<br>DE PROCESO |                |              | OBJETO                                | PALABRA<br>CLAVE                                  |             |
|             |                                                                                                                      | PALABRA CLAVE                                                                               |         | SEGUNDOS<br>(s)      | MINUTOS<br>(m) | HORAS<br>(h) | OBJETO                                | PALABRA<br>CLAVE                                  |             |
| 10          | EMPUJAR, JALAR,<br>GIRAR: DESCRIPCIÓN                                                                                |                                                                                             | VOLTEAR |                      |                |              |                                       |                                                   | 10          |
| 1           | — 30 cm (12 pulgadas)<br>Botón, interruptor, perilla                                                                 | Empujar, jalar<br>Girar-simple                                                              |         | 0.5                  | 0.01           | 0.0001       | A un punto                            | Localizar<br>alinear-punto                        | 1           |
| 3           | > 30 cm (12 pulgadas)<br>Hay resistencia<br>sentar o desencajar<br>control alto<br>2 etapas — 30 cm<br>(12 pulgadas) | Deslizar, girar,<br>abrir, cerrar,<br>encajar,<br>desencajar<br>presionar<br>epujar + jalar | 1       | 1.5                  | 0.02           | 0.0004       | A 2 puntos,<br>—10 cm<br>(4 pulgadas) | Alinear-puntos<br>cerca<br>guiar<br>alinear-pieza | 3           |
| 6           | 2 etapas > 30 cm<br>(12 pulgadas)<br>Con 1-2 pasos                                                                   | abrir + cerrar,<br>actuar, empujar<br>o jalar 1 o 2 pasos                                   | 3       | 2.5                  | 0.04           | 0.0007       | A 2 puntos<br>> 10 cm<br>(4 pulgadas) | Alinear-puntos<br>Ajustar<br>Alinear-marca        | 6           |
| 10          | 3-4 etapas<br>con 3-5<br>Pasos                                                                                       | Manipular<br>maniobrar<br>empujar o jalar<br>3-4 o 5 pasos                                  | 6       | 4.5                  | 0.07           | 0.0012       |                                       | Alinear-dial-<br>indicador                        | 10          |
| 16          | Con 6-9 pasos                                                                                                        | Empujar<br>o jalar 6, 7, 8<br>o 9 pasos                                                     | 11      | 7                    | 0.11           | 0.0019       | Precisión                             | Alinear exacto                                    | 16          |

4. Poner la herramienta al lado: retener la herramienta para uso adicional, tirar, o echar la herramienta al lado, volver la herramienta al lugar original, se mueve a una ubicación nueva para disponer, directamente o en conjunción con movimientos del cuerpo o con pasos.
5. Volver: pisar o caminar al lugar de trabajo o a otro.

Estas cinco actividades que describen el modelo de secuencia de utilización de herramientas se componen de los parámetros que fueron presentados en la exploración de la secuencia de mover general.

| Obtener herramienta<br>u objeto | Colocar herramienta<br>u objeto | Utilizar<br>herramienta | Poner herramienta<br>u objeto | Volver<br>operario |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------|
| <i>A B G</i>                    | <i>A B P</i>                    |                         | <i>A B P</i>                  | <i>A</i>           |

donde:

*A* = Distancia de acción.

*B* = Movimiento del cuerpo.

*G* = Obtener control.

*P* = Colocar.

El espacio en blanco debajo de “utilizar herramienta” se usa para escribir uno de los parámetros de la utilización de herramientas que siguen. Estos parámetros se refieren a las acciones para utilizar herramientas específicas:

*F* = Apretar.

*L* = Soltar.

*C* = Cortar.

*S* = Preparar superficies.

*M* = Medir.

*R* = Registrar.

*T* = Pensar.

## DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS

*F Apretar.* Se refiere al montaje mecánico de un objeto en otro, utilizando los dedos, las manos o una herramienta de mano.

*L Soltar.* Consiste en desmontar mecánicamente un objeto de otro, utilizando los dedos, las manos o una herramienta de mano.

*C Cortar.* Describe las acciones manuales de recortar, rebanar o simplemente cortar un objeto o material utilizando una herramienta de canto afilado como un cuchillo o unas tijeras.

*S Preparar superficies.* Se refiere a las actividades que van dirigidas a mejorar el acabado de la superficie de un objeto, quitando el material sobrante, aplicando una capa a la superficie o limpiándola.

*M Medir.* Incluye todas las acciones que son necesarias para tomar medida de la dimensión de un objeto, utilizando un aparato uniforme de medición para comparar.

*R Registrar.* Se refiere a las acciones manuales que se realizan con un lápiz, bolígrafo, tiza, algún otro dispositivo para marcar.

*T Pensar.* Son las actividades mentales o de los ojos que son necesarias para obtener información o inspección de un objeto. La inspección incluye alcanzar el objeto para palpar cuando sea necesario.

Por ejemplo, una operación de montaje en la cual se usa un perno para fijar un objeto a otro. El operador toma un perno de un cajoncito dentro del alcance, lo coloca en la ubicación requerida y lo aprieta con tres giros de los dedos. La aplicación de los índices al modelo de la secuencia sería:

Apretar perno a montaje con tres giros usando los dedos

$$A_1 \ B_0 \ G_1 \ A_1 \ B_0 \ P_3 \ F_6 \ A_0 \ B_0 \ P_0 \ A_0 \\ (1 + 1 + 1 + 3 + 6) \times 10 = 120 \text{ TMU}$$

## LA TARJETA DE DATOS PARA APRETAR/AFLOJAR (F O L)

(Véanse tablas 17.14 y 17.15 al final del capítulo)

*Apretar o aflojar* incluyen las acciones que se necesitan para montar o desmontar un objeto en otro, utilizando para ello los dedos o las manos, o bien, una herramienta específica. Los valores de los índices para los parámetros *F* o *L* están agrupados en cuatro categorías distintas. Tres categorías se basan en la parte del cuerpo que realiza la acción: dedos, muñeca o brazo. La cuarta categoría cubre el uso de herramientas de potencia. Para seleccionar el valor índice *F* o *L* apropiado se necesita establecer con cuál herramienta, qué parte del cuerpo realiza la acción y el tipo de acción. Una *acción* se define como el movimiento de arriba hacia abajo y de adelante hacia atrás, para hacer toques, golpecitos o golpes. En el caso de una manivela, una acción es igual a una revolución completa de la herramienta.

El uso de la segunda tarjeta de datos se puede demostrar con un tercer ejemplo. Suponga que la operadora de una máquina de coser toma unas tijeras y hace tres cortes para quitar los materiales sobrantes alrededor de una puntada. La aplicación de los índices al modelo de la secuencia sería:

Cortar material, tres cortes usando tijeras y dejar al lado

$$A_1 \ B_0 \ G_1 \ A_1 \ B_0 \ P_1 \ C_6 \ A_1 \ B_0 \ P_1 \ A_0 \\ (1 + 1 + 1 + 1 + 6 + 1 + 1) \times 10 = 120 \text{ TMU}$$

*Giros de los dedos (o volteos de manivelas).* Las acciones de los dedos se refieren a los movimientos de los dedos que se requieren para girar una tuerca, un perno, un tornillo, etc.

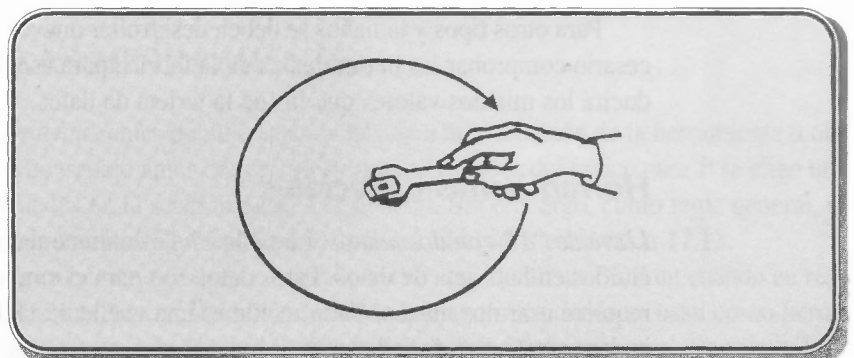
cuando se necesita una resistencia ligera. Estas acciones se caracterizan por la rotación de un objeto entre el pulgar y el índice o por la acción de "enrollar" un objeto entre el pulgar y el índice. Por ejemplo, hacer girar con los dedos una tuerca o un tornillo que ofrece una resistencia ligera o dar vueltas a un desarmador chico cuando la resistencia que debe vencerse es pequeña.

*Acciones de la muñeca.* Una acción de la muñeca se refiere al movimiento de torcer la muñeca sobre el eje del antebrazo o al movimiento circular o de una parte a otra de la mano usando la muñeca como un pivote. Por lo general, las acciones de la muñeca incluyen movimientos de la mano de hasta 15 cm (6 pulgadas) de largo, medidos al nudillo en la base del dedo índice. Como se muestra en la tabla 17.14, los valores de los índices se clasifican según la manera en que se ejecutan las acciones de la muñeca.

*Vueltas de la muñeca.* Las herramientas de este tipo de acción son: la mano, un desarmador, llave de retén y llave de "T" pequeña. Esas herramientas quedan sobre el cerrador y no es necesario volver a colocarlas sobre éste después de una acción. El tiempo para las vueltas de la muñeca incluye el tiempo para volver a colocar la mano o el mango de la herramienta, ya que la mano y la muñeca tienen fuerza, los valores del índice incluyen el tiempo para apretar al final o para aflojar al inicio.

*Turnos de la muñeca.* Las acciones de turnos son típicas de la llave fija, inglesa o Allen, donde la llave debe volverse a colocar después de cada acción. Es decir, una acción es el toque de fuerza y no debe cortar los movimientos para ubicar la herramienta otra vez después del toque de fuerza, porque el tiempo necesario está ubicado en los datos de la tarjeta de datos. Al igual que la vuelta de la muñeca, los valores del índice incluyen el tiempo para apretar al final o para aflojar al inicio.

*Acción de la muñeca como voltear una manivela.* Muchas veces es posible girar la herramienta libremente con una acción de voltear una manivela. Con esa acción la herramienta se guía con un movimiento circular de la mano, con la muñeca como pivote (figura 17.11). Después de algunos giros, el operador encontrará resistencia y debe volver a una acción normal para apretar el cerrador. Asimismo, no puede iniciar la actividad de aflojar con esos giros.



**Figura 17.11**  
Voltear  
una manivela  
con acción  
de la muñeca.

*Golpecitos.* Por lo general, con martillos pequeños o herramientas similares la acción usada es un movimiento de la mano con el pivote en la muñeca.

*Acciones del brazo.* Se refieren a las acciones de la mano que requieren movimientos del codo y del hombro. El movimiento principal es del antebrazo con pivote en el codo. Puede haber ayuda del brazo con pivote en el hombro. Las acciones del brazo resultan en movimientos de la mano de 15 a 45 cm (18 pulgadas) de largo y movimientos circulares con diámetros de hasta 60 cm (24 pulgadas).

*Vueltas del brazo.* El uso de una llave de retén agarrada por el extremo del mango resulta en una acción de jalar la llave. Los valores del índice incluyen tiempo para apretar al final o aflojar al inicio.

*Turnos del brazo.* Las acciones de turnos son típicas de la llave fija, inglesa o Allen, donde la llave debe volverse a colocar después de cada acción. Es decir, una acción es el toque de fuerza y no incluye los movimientos para ubicar otra vez la herramienta después del toque de fuerza. Al igual que en la vuelta de la muñeca, los valores del índice incluyen tiempo para apretar al final o aflojar al inicio.

*Dar vuelta a la manivela con el brazo.* Las herramientas de tamaño mediano y grande, también se pueden girar libremente con una acción de voltear una manivela. Con esa acción la herramienta se guía con un movimiento circular del antebrazo con el codo o el hombro como el pivote. Después de algunos giros, el operador encontrará resistencia y debe voltear a una acción normal para apretar el cerrador. De igual manera, no puede iniciar la actividad de aflojar con esos giros.

## ***Herramientas manuales de potencia***

*Llave de potencia.* La tarjeta de datos (tabla 17.14) incluye una columna para la llave de potencia. Sólo dos valores de los índices se muestran relacionados con el diámetro de los tornillos. Tornillos con un diámetro de 6 mm (1/4 pulgada) o menos tienen un valor de *F3* o *L3*. Mientras que los tornillos y/o pernos de diámetro de más de 6 mm (1/4 pulgada) y de hasta 25 mm (1 pulgada) tienen un valor de *F6* o *L6*.

Para otros tipos y tamaños se deben desarrollar nuevos valores de índices. También es necesario comprobar las herramientas en la fábrica para asegurar que la velocidad de éstas producirá los mismos valores que los de la tarjeta de datos.

## ***Herramientas especiales***

*Llave de "T" con dos manos.* La tabla 17.12 contiene datos suplementarios que no están incluidos en la tarjeta de datos. Estos datos son para el empleo de una llave de "T" grande que requiere usar dos manos. Cada acción es una vuelta de 180° de la llave. Además cada acción incluye el alcance de cada brazo al mango opuesto antes de la próxima vuelta. Los datos tam-

**Tabla 17.12** Tarjeta de datos suplementarios. Llave de "T" dos manos.

| LLAVE DE "T" (2 MANOS) |                              |
|------------------------|------------------------------|
| VALOR DEL ÍNDICE       | NÚMERO DE ACCIONES DEL BRAZO |
| F1                     | ----                         |
| F3                     | ----                         |
| F10                    | 1                            |
| F16                    | ----                         |
| F24                    | 3                            |
| F32                    | 6                            |
| F42                    | 11                           |
| F54                    | 15                           |

bién incluyen el tiempo para el apretar final o aflojar inicial. Estos datos son apropiados para girar una válvula grande.

Otros datos suplementarios para llaves de par toman en cuenta la situación especial del control que es necesario para asegurar la fuerza de torsión correcta. Los valores son para una acción del brazo, y se incluyen para alinear el disco o esperar el golpe seco.

*F6 llave de torsión.* Apretar un perno o tuerca con una llave de torsión con un mango de hasta 25 cm (10 pulgadas) de largo.

*F10 llave de torsión.* Apretar un perno o tuerca con una llave de torsión con un mango de 25 cm (10 pulgadas) de hasta 38 cm (15 pulgadas) de largo.

*F16 llave de torsión.* Apretar un perno o tuerca con una llave de torsión con un mango de 38 cm (15 pulgadas) de hasta 1m (40 pulgadas) de largo.

## COLOCAR LAS HERRAMIENTAS

*Colocar las herramientas* antes de utilizarlas se refiere a la colocación de la herramienta u objeto en la posición de trabajo antes de realizar la acción. El valor del índice para *P* se elige utilizando las reglas dadas en la sección de Mover general. Sin embargo, como regla general, el parámetro *P* para apretar o aflojar requerirá los valores indicados en la tabla 17.13.

Observe que la colección de la mano o los dedos se consideran un *P1*. Aun cuando en realidad es un *G1*, Obtener Control. Pero debido a que la mano o los dedos se usan como herramientas, la actividad es considerada como colocación en vez de Obtener control. Por ejemplo,

|                         |                         |                          |                         |           |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|
| Obtener<br>herramientas | Colocar<br>herramientas | Utilizar<br>herramientas | Al lado<br>herramientas | Volver    |
| A0 B0 G0                | A1 B0 P1                | F6                       | A0 B0 P0                | A0 80 TMU |

Si la mano o los dedos se utilizan para colocar un tornillo justo antes de la acción de apretarlo, el *P* se refiere a la colocación del tornillo. Casi siempre, esa actividad requiere un *P3* a menos que la colocación esté en una ubicación a ciegas u obstruida; bajo esas condiciones un *P6* sería apropiado.

|                     |                     |                          |                         |            |
|---------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|------------|
| Obtener<br>tornillo | Colocar<br>tornillo | Utilizar<br>herramientas | Al lado<br>herramientas | Volver     |
| A1 B0 G1            | A1 B0 P3            | F6                       | A0 B0 P0                | A0 120 TMU |

Observe que en la tabla 17.13 la colocación de la llave inglesa es un *P5*. El valor más grande del índice se requiere para cubrir los ajustes de las mordazas al tamaño del tornillo. Si la llave se ajusta antes del uso, el valor de *P3* será suficiente.

Cuando se utiliza un martillo para clavar la cabeza de otro martillo, éste se colocará sobre el calvo (*P1*) antes de iniciar la acción. Sin embargo, en muchos casos no hay una colocación antes de golpear un objeto grande o el área de una superficie.

Las colocaciones de cuchillos, tijeras y alicates normalmente son un *P1*. Pero, cuando la ubicación debe ser exacta, la colocación será un *P3*.

**Tabla 17.13** Valores de los índices para colocar las herramientas.

| HERRAMIENTA                         | VALOR DE ÍNDICE |
|-------------------------------------|-----------------|
| Martillo                            | PO (1)          |
| Dedos de la mano                    | PI (3 o 6)      |
| Cuchillo                            | P1 (3)          |
| Tijeras                             | PI (3)          |
| Alicates                            | P1 (3)          |
| Marcador                            | P1              |
| Aparato de medir                    | P1              |
| Aparato de tratar superficies       | P1              |
| Destornillador                      | P3              |
| Llave de carraca o matraca "T" fija | P3              |
| Allen y de potencia                 | P6              |
| Llave inglesa                       | P6              |

Si hay dos tornillos que estén separados por una distancia de 5 cm (2 pulgadas) o menos, el A intercalado entre el P y el F/L (y entre los paréntesis), tendrá un índice de cero (0); en tanto, el A después del G tendrá un valor que represente la distancia de acción para llegar al primer tornillo. Pero si la distancia entre los tornillos es de más de 5 cm (2 pulgadas), el A entre los paréntesis tendrá un valor de uno (1) y el A después del G tendrá un valor de cero (0).

Cuando la distancia entre los dos tornillos es  $\leq 5$  cm (2 pulgadas)

$$A1\ B0\ G1\ A1\ B0\ (P3\ A0\ F16)\ A1\ B0\ P1\ A0\ (2) = 430\ TMU$$

Pero cuando la distancia entre los dos tornillos es  $> 5$  cm (2 pulgadas)

$$A1\ B0\ G1\ A0\ B0\ (P3\ A1\ F16)\ A1\ B0\ P1\ A0\ (2) = 440\ TMU$$

### ***Acciones múltiples de las herramientas***

Cuando sea necesario usar dos tipos de acciones para apretar o aflojar un tornillo, hay una convención que permite el uso de una secuencia sola en la aplicación manual de MOST. Por ejemplo, si hay un tornillo que se puede empezar con 18 giros de un desarmador, pero se usan cuatro vueltas-muñecas para el apretar final, la secuencia de MOST manual será:

$$A1\ B0\ G1\ A1\ B0\ P3\ F24 + 10\ A1\ B0\ P1\ A0$$

y el cálculo es:

$$(1 + 1 + 1 + 3 + 24 + 10 + 1 + 1 + 1) \times 10 = 420\ TMU$$

### ***Ejemplos de utilización de herramientas para apretar/aflojar***

1. Obtener una tuerca de un cajoncito dentro del alcance, colocarla en un perno y apretarla con siete acciones de los dedos.

$$A1\ B0\ G1\ A1\ B0\ P3\ F10\ A0\ B0\ P0\ A0$$

2. Alzar un destornillador chico (dentro del alcance) y apretar un tornillo con seis acciones de los dedos y dejar al lado la herramienta.

$$A1\ B0\ G1\ A1\ B0\ P3\ F10\ A1\ B0\ P1\ A0$$

3. Obtener una llave de potencia (dentro del alcance) apretar cuatro pernos de 10 mm ubicados 15 cm aparte y dejar al lado la llave.

$$A1\ B0\ G1\ A0\ B0\ (P3\ A1\ F6)\ A1\ B0\ P1\ A0\ (4)$$

4. De una posición frente de un torno obtener una llave de "T" grande (de cinco pasos de distancia), soltar un perno en un mandril del torno y con ambas manos usar cinco acciones del brazo. Dejar la llave de "T" al lado dentro del alcance.

$$A10\ B0\ G1\ A10\ B0\ P3\ L24\ AL\ B0\ P1\ A0$$



5. Obtener una llave de retén de 6 mm (1/4 de pulgada) dentro del alcance y apretar el perno por rotación de la llave de retén con 8 giros-muñecas. Apretar el perno al final con cuatro vueltas-muñecas y dejar al lado la llave de retén.

$$A1\ BO\ G1\ A1\ B0\ P3\ F16\ A0\ B0\ P0\ A0 = 220\ TMU$$

Apretar el perno con cuatro vueltas-muñecas usando llave de retén y poner al lado

$$A0\ BO\ G0\ A1\ B0\ P3\ F10\ A1\ B0\ P1\ A0 = 160\ TMU$$

$$\text{Total} = 380\ TMU$$

6. Caminar cinco pasos al gabinete de las herramientas y obtener una llave fija de 30 cm (12 pulgadas) de largo. Volver al lugar de trabajo y soltar dos pernos ubicados 30 cm (12 pulgadas) aparte con cuatro acciones del brazo, dejar la llave al lado dentro del alcance. Soltar dos pernos 30 cm aparte con cuatro vueltas-brazos usando una llave fija y dejar al lado dentro de alcance

$$A10\ BO\ G1\ B0\ (P3\ A1\ L24)\ A1\ B0\ P1\ A0\ (2)$$

## LA TARJETA DE DATOS PARA CORTAR, TRATAR UNA SUPERFICIE, MEDIR, REGISTRAR Y PENSAR

En esa tarjeta de datos (tabla 17.15) se encuentran las actividades que son comunes en los parámetros de cortar, tratar una superficie, medir, registrar y pensar.

### **Cortar**

Describe las acciones manuales empleadas para separar, dividir o quitar parte de un objeto utilizando una herramienta de mano con un canto afilado. Las herramientas cubiertas por el C son alicates, tijeras y cuchillos.

*Alicates.* Hay tres métodos para cortar alambre con alicates. Cada método depende de la dureza y del diámetro del alambre. El alambre de cobre de diámetro pequeño es maleable y se requiere solamente un apretón de la mano para cortarlo. Con alambres más gruesos o más duros se necesitan dos cortes para desunirlos. Es decir, después del primer corte se giran los alicates alrededor del alambre para volver a ubicarlos y hacer el corte final. Con alambre de mayor diámetro o más duro se necesita presión de ambas manos además de los dos cortes.

*C3 suave.* Este parámetro se aplica para cortar alambre de acero maleable, cobre u otro alambre de diámetro pequeño. Se puede reconocer por el uso de una mano y un corte.

*C6 medio.* Este parámetro se aplica para cortar alambre de acero o de cable y se puede reconocer por el uso de una mano y dos cortes.

*C10 duro.* Este parámetro se aplica para cortar alambre de acero o de cable más grueso y se puede reconocer por el uso de dos manos y dos cortes.

También hay otras cuatro actividades comunes con el uso de alicates.

*C1 apretar.* Después de la colocación inicial de los alicates, el operador los prensa para detener el objeto y después suelta la presión.

*Ejemplo.* Con alicates, detener un alambre en una ubicación para soldarlo.

*C6 torcer.* Después de la colocación inicial de los alicates sobre los alambres se cierran las quijadas y se hacen dos movimientos de torcer para unir los alambres. Si se necesitan más de dos acciones de torcer, se divide el número por dos y se aplica como frecuencia del C6.

*C8 formar dobleza.* Después de la colocación inicial de los alicates el operador cierra las quijadas y con dos acciones dobla una gaza u ojo al final del alambre.

*Ejemplo.* Con alicates, formar un ojo al final de un alambre para ponerlo sobre una terminal en una caja de empalme.

*C16 amarrar una chaveta.* Después de la colocación inicial de la chaveta el operador dobla ambas piernas de la chaveta con los alicates para mantener la chaveta en posición.

*CN cortar con tijeras.* Estos datos aplican para cortar papel, tela, cartón liviano u otros materiales similares usando tijeras. Los valores del índice son determinados por el número de cortes utilizados. Por ejemplo, para cortar un pedacito de hilo se necesita un corte C1. Para cuatro cortes de una pieza de tela, la tarjeta de datos da un C8.

*CN cortar con cuchillo.* Con el uso de un cuchillo afilado para cortar cuerda, cartón o cartón ondulado se necesita una tajada con un valor del índice de C3. El largo de la tajada puede ser de hasta 80 cm (32 pulgadas).

Cuando se quiere abrir una caja cerrada con cola y ligada con cuerda, se usa una tajada para cortar la cuerda y varias tajadas para abrir la caja. Si se necesitan cinco tajadas para cortar la caja por tres lados la secuencia sería:

$$\begin{array}{rcl}
 A1 \ B0 \ A1 \ B0 \ P1 \ C3 \ A0 \ B0 \ P0 \ A0 & & 70 \ \text{TMU} \\
 A0 \ B0 \ G0 \ A1 \ B0 \ P1 \ C24 \ A1 \ B0 \ P1 \ A0 & & 280 \ \text{TMU} \\
 \hline
 & & 350 \ \text{TMU}
 \end{array}$$

### ***Ejemplos de la utilización de herramientas para cortar***

1. Un operador alza un cuchillo de un banco a dos pasos de distancia, hace un corte a través de la parte de arriba de una caja y deja el cuchillo al lado sobre el banco.

$$\begin{array}{c}
 A3 \ B0 \ A3 \ B0 \ P1 \ C3 \ A3 \ B0 \ P1 \ A0 \\
 (3 + 1 + 3 + 1 + 3 + 3 + 1) \times 10 = 150 \ \text{TMU}
 \end{array}$$

2. Durante una operación de coser, un sastre corta un hilo de la máquina de coser antes de poner al lado la prenda de vestir terminada. Las tijeras se mantienen en la palma de la mano durante la operación.

A0 B0 G0 A1 P1 C1 A0 B0 P0 A0

$$(1 + 1 + 1) \times 10 = 30 \text{ TMU}$$

3. Después de una operación de soldadura, un operador de montaje de componentes electrónicos debe cortar el alambre sobrante de una conexión a un borne. Los alicates se ubican dentro del alcance.

A1 B0 G1 B0 P1 C3 A1 B0 P1 A0

$$(1 + 1 + 1 + 1 + 3 + 1 + 1) \times 10 = 90 \text{ TMU}$$

4. Un electricista trabaja sobre una línea de alta tensión; toma un par de alicates de su cinturón para herramientas y corta un pedazo de la línea. La línea es tan gruesa que necesita el uso de dos manos para cortarla.

A1 B0 G1 A1 B0 P1 C10 A1 B0 P1 A0

$$(1 + 1 + 1 + 1 + 10 + 1 + 1) \times 10 = 160 \text{ TMU}$$

### **Tratar la superficie**

Se refiere a las acciones que tienen como fin mejorar el acabado de un objeto, ya sea raspan-do o revistiendo una superficie. Diversas actividades son incluidas en la categoría de Tratar superficie, tal como lubricar, pintar, limpiar, lustrar, encolar, recubrir y enarenar. Sin embar-go, los datos de la tarjeta de datos sólo cubren actividades de limpieza general con un trapo, una manguera de aire o un cepillo. Otros tipos de tratamiento deben considerarse como espe-ciales, por lo que se deben desarrollar los datos necesarios.

Las herramientas cubiertas por el parámetro de S incluyen:

1. Manguera de aire para soplar partículas chicas fuera de un agujero, una cavidad o de una superficie.
2. Un cepillo para quitar partículas, astillas u otro desecho de un objeto o superficie.
3. Trapo o paño para limpiar una superficie frotando aceite liviano u otra materia.

Los valores de índices de estas herramientas se basaba principalmente en la cantidad de superficie para tratar. En general, la cantidad de  $0.1 \text{ m}^2$  ( $1 \text{ ft}^2$ ) limpiados determina el valor apropiado. Para analizar la limpieza de áreas chicas como un agujero, una cavidad en una pie-za o útil con una manguera de aire, el valor de S0 para un sitio, punto o hueco es apropiado. Si hay más de un punto se aplica una frecuencia adecuada. Por ejemplo, limpiar cinco agujero-s con una manguera de aire. Los agujeros están a más de 5 cm (2 pulgadas) uno de otro:

A1 B0 G1 A0 B0 (P1 A1 S6) A1 B0 P1 A0 (5) 440 TMU

## Ejemplos de la utilización de herramientas para tratar una superficie

1. Antes de marcar una chapa en una operación de corte, el operador toma un trapo de su bolsillo de atrás y frota un residuo de aceite de la superficie.

$$A1 \text{ BO } G1 \text{ A1 } B0 \text{ P1 } S32 \text{ A1 } B0 \text{ P1 } A0 \\ (1 + 1 + 1 + 1 + 32 + 1 + 1) \times 10 = 380 \text{ TMU}$$

2. Después de una operación de enarenado un operador que está de pie frente a su banco, alza un cepillo ubicado dentro del alcance y limpia un área de aproximadamente 0.54 m<sup>2</sup> (6 ft<sup>2</sup>) de polvo y astillas y deja al lado el cepillo.

$$A1 \text{ BO } G1 \text{ A1 } B0 \text{ P1 } S42 \text{ A1 } B0 \text{ P1 } A0 \\ (1 + 1 + 1 + 1 + 42 + 1 + 1) \times 10 = 480 \text{ TMU}$$

3. Antes de montar tres componentes para una fundación, el operador obtiene una manguera de aire (dentro del alcance) y sopla en las ranuras el metal de una operación anterior de trabajo a máquina fuera de tres actividades. La distancia entre las cavidades es mayor a 5 cm (2 pulgadas)

$$A1 \text{ BO } G1 \text{ A0 } B0 \text{ (P1 A1 S6) A1 } B0 \text{ P1 } A0 \text{ (3)} \\ (1 + 1 + (1 + 1 + 6) \times 3 + 1 + 1) \times 10 = 280 \text{ TMU}$$

## Medir

Incluye todas las acciones que se requieren para determinar la medida de un objeto en comparación con un aparato normal de medición.

El parámetro *M* cubre las acciones necesarias para colocar, alinear, ajustar y examinar tanto el aparato como el objeto durante la actividad de medir. La tarjeta de datos cubre los siguientes calibradores.

*M10 calibre de perfil.* Este valor cubre el uso de calibres de ángulo, radio, nivel o filete para comparar el perfil del objeto con el perfil del calibre. El valor incluye tiempo para colocar y ajustar el calibre al objeto, más las acciones visuales de comparar las configuraciones.

*M16 escala fija.* Este parámetro cubre el uso de un aparato lineal, regla de 30 cm (12 pulgadas), regla de un metro (1 yarda), un ángulo (transportador) para medir, etc. El valor incluye tiempo para ajustar la herramienta a dos puntos y para leer las dimensiones de la escala.

*M16 calibrador de < / = 30 cm (12 pulgadas).* Este parámetro cubre el uso de calibradores de nonio con una dimensión de medición de hasta 30 cm (12 pulgadas). El valor incluye tiempo para poner los pies en el lugar, cerrar los pies y leer la escala del mismo.

*M24 calibre de hoja.* Este parámetro cubre el uso del calibre para medir el espacio entre dos puntos. El valor incluye abrir las hojas, leer, seleccionar el tamaño de hoja apropiada y la colocación de la hoja al espacio para comprobar el ajuste.

Los siguientes tres valores de índices cubren los tres tipos de micrómetros para medir dimensiones de no más de 10 cm (4 pulgadas). Los valores incluyen tiempo para colocar el aparato al objeto, ajuste del manguito, cierre del aparato y leer el nonio para determinar la dimensión.

*M32 micrómetro de profundidad*      micrómetro-profundidad

*M42 micrómetro de diámetro exterior < /= 10 cm (4 pulgadas)*      micrómetro-exterior 10 cm

*M54 micrómetro de diámetro interior < /= 10 cm (4 pulgadas)*      micrómetro-interior 10 cm

### ***Ejemplos de la utilización de herramientas para medir***

1. Antes de soldar dos chapas de acero, un soldador obtiene una escuadra y comprueba el ángulo entre las chapas para asegurarse de que está correcto. La escuadra (un calibre perfil) está ubicada a una distancia de tres pasos sobre un banco.

A1 B0 G1 A8 P1 M10 A8 B0 P1 A0

2. Después de una operación del torno, un maquinista comprueba el diámetro de un árbol pequeño con un micrómetro. Toma el micrómetro y vuelve a un banco a dos pasos de distancia.

A3 B0 G1 A3 B0 P1 M42 A3 B0 P1 A0

### ***Registrar***

*Registrar* cubre las acciones manuales con un instrumento de escribir o un marcador para registrar información. Hay tres tipos de datos en la tarjeta de datos. Los valores para escribir aplican a letras cursivas o de molde a mano y de tamaño normal, y con un lápiz, bolígrafo u otro tipo de instrumento para escribir. Los actos de Marcar cubren el uso de varios marcadores como marcador de carburo, tiza o marcador de fieltro y para marcas grandes entre 2.5 y 7.5 cm (1 y 3 pulgadas).

*Escribir.* Esos datos cubren las actividades rutinarias de oficina que se encuentran en muchas operaciones de fábricas. Estas actividades incluyen llenar una tarjeta con el horario de trabajo, escribir el número de una pieza o escribir instrucciones breves. Los valores de índices se eligen con base en la cantidad de números o de palabras escritos.

*Marcar.* Estos datos se aplican a Marcar o identificar un objeto o recipiente usando un marcador de fieltro o de carburo. Cada marca se cuenta como un número y se aplica a letras o nú-

meros de 2.5 a 7.5 cm (1 a 3 pulgadas) de tamaño. También puede ser una marca de comprobar y una línea de rayar.

### *Ejemplos de la utilización de herramientas para registrar*

1. Después de terminar un trabajo asignado, un operador alza una libreta y un lápiz (simultáneamente) del banco, llena las fechas de terminación y escribe su firma. Después devuelve la libreta y el lápiz al banco.

Escribir dos palabras (fecha y firma) en la tarjeta de trabajo usando un lápiz del banco y dejarlo al lado

A1 B0 G1 A1 B0 (P1 A0 R16) A1 B0 P1 A0 (2)

2. Para obtener una pieza, un empleado toma un lápiz del bolsillo de su camisa y escribe el número de una pieza con seis dígitos en el formulario que está sobre un escritorio. Después devuelve el lápiz a su bolsillo.

Escribir seis dígitos en el formulario usando un lápiz y luego regresarlo al bolsillo

A1 B0 G1 A1 B0 P1 R10 A1 B0 P3 A0

3. Como parte de una operación de embalaje hay que identificar los componentes de la caja. Para hacerlo, se debe alzar un marcador de fieltro (dentro del alcance) y marcar una cantidad con seis dígitos en la caja.

A1 B0 G1 A1 B0 P1 R24 A1 B0 P1 A0

### *Pensar*

Se refiere a los procesos mentales, incluyendo la percepción visual y el tocar un objeto, para percibir sensaciones como temperatura y/o vibración anormales. Los datos en la tarjeta de datos cubren sólo las actividades que ocurren en el trabajo normal. Por lo general, esas actividades ocurren de manera inherente al trabajo; en ocasiones consideran una parte de éste. Sin embargo, el analista debe tener cuidado para determinar cuando estas actividades controlan el trabajo.

*Inspeccionar.* Los datos para pensar se aplican al trabajo de inspección cuando la decisión es sencilla y básicamente del tipo *sí o no*. Si hay defectos evidentes como un rasguño, una mancha o la desviación de color, se puede tomar una decisión en el acto. El valor del índice depende del número de puntos a los cuales se enfoca la vista y donde se debe tomar la decisión. También hay valores para determinar temperatura o un defecto físico que puede ser percibido con los dedos.

*Leer.* Se refiere a la ubicación e interpretación de caracteres solos o en grupos. Hay una diferencia entre palabras y texto en el sentido de que las *palabras* van solas; mientras que el

*texto* se refiere a las palabras en una frase o párrafo. También hay datos para leer, como calibres, escalas y tablas.

*T3 calibre.* Se usa cuando se comprueba un aparato para ver si el indicador está dentro de una escala indicada de manera clara.

*T6 valor de una escala.* Se usa cuando se debe leer un valor específico de una escala graduada, como un palo de medir o un calibre de temperatura.

*Ejemplo.* La temperatura es de 38°C. Leer la fecha (día, mes y año) de un documento o un calendario; la hora del día leída en un reloj.

*T10 escala de nonio.* Se utiliza sólo para ubicar y leer el valor exacto de un micrómetro, calibre o aparato similar. No incluye el tiempo para colocar o fijar el aparato al objeto.

*T16 el valor desde una tabla.* Un valor específico se ubica y se lee de una tabla después de repararla horizontal y verticalmente.

*Ejemplo.* Leer el valor correcto de una tabla para avances y velocidades de una máquina.

### ***Ejemplos de la utilización de herramientas para pensar***

1. Durante una operación de prueba, un técnico en electrónica alza un alambre de un medidor, lo coloca en una terminal y lee el voltaje en la escala del medidor. Después, deja el alambre de lado.

$$A1\ B0\ G1\ A1\ B0\ P3\ T6\ A1\ B0\ P1\ A0 \\ (1 + 1 + 1 + 3 + 6 + 1 + 1) \times 10 = 140\ \text{TMU}$$

2. Antes de empezar una operación de torno, un operador toma un grupo de órdenes de trabajo y lee un párrafo que describe el método de uso; el párrafo contiene un promedio de 30 palabras. Después, el operador deja el grupo de órdenes a un lado del banco.

$$A1\ B0\ G1\ A1\ B0\ P0\ T16\ A1\ B0\ P1\ A0 \\ (1 + 1 + 1 + 16 + 1 + 1) \times 10 = 210\ \text{TMU}$$

**Tabla 17.14** Tarjeta de datos de uso de herramientas.

| ABGABP                |                        | ABPA                                           |                                  |                                   |                   |                      |                                  |                      |                  |                             |                       |
|-----------------------|------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------|
| I<br>N<br>D<br>E<br>X | SUJETAR F              |                                                |                                  |                                   |                   | AFLOJAR-SOLTAR L     |                                  |                      |                  |                             | I<br>N<br>D<br>E<br>X |
|                       | ACCIÓN<br>DEDOS        | ACCIÓN<br>DE MUÑECA                            |                                  |                                   |                   | ACCIÓN<br>DE MANO    |                                  |                      |                  | ACCIÓN DE<br>HERRAMIENTA    |                       |
|                       | VUELTAS                | VUELTAS                                        | GOLPEO<br>REPOSICIO-<br>NAMIENTO | VUELTA<br>COMPLETA                | GOLPES<br>LIGEROS | VUELTAS              | GOLPEO<br>REPOSICIO-<br>NAMIENTO | VUELTA<br>COMPLETA   | GOLPES           | HERRAMIENTA<br>DE POTENCIA  |                       |
|                       | DESARMADOR<br>DE DEDOS | DESARMADOR<br>DE MANO<br>TRINQUETE<br>LLAVES T | LLAVE<br>LLAVE ALLEN             | LLAVE<br>LLAVE ALLEN<br>TRINQUETE | MARTILLO          | TRINQUETE<br>LLAVE T | LLAVE<br>LLAVE ALLEN             | LLAVE<br>LLAVE ALLEN | MARTILLO<br>MAZO | ELÉCTRICA<br>O<br>NEUMÁTICA |                       |
| 1                     | 1                      |                                                |                                  |                                   | 1                 |                      |                                  |                      |                  |                             | 1                     |
| 3                     |                        | 1                                              | 1                                | 1                                 | 3                 |                      | 1                                |                      | 1                | 1/4" 6 mm                   | 3                     |
| 6                     | 3                      | 3                                              | 2                                | 3                                 | 6                 | 2                    |                                  | 1                    | 3                | 1" 25 mm                    | 6                     |
| 10                    | 8                      | 5                                              | 3                                | 5                                 | 10                | 4                    | 2                                | 2                    | 5                |                             | 10                    |
| 16                    | 16                     | 9                                              | 5                                | 9                                 | 16                | 6                    | 3                                | 3                    | 8                |                             | 16                    |
| 24                    | 25                     | 13                                             | 8                                | 11                                | 23                | 9                    | 4                                | 5                    | 12               |                             | 24                    |
| 32                    | 35                     | 17                                             | 10                               | 15                                | 30                | 12                   | 6                                | 6                    | 16               |                             | 32                    |
| 42                    | 47                     | 23                                             | 13                               | 20                                | 39                | 15                   | 8                                | 8                    | 21               |                             | 42                    |
| 54                    | 61                     | 29                                             | 17                               | 25                                | 50                | 20                   | 10                               | 11                   | 27               |                             | 54                    |



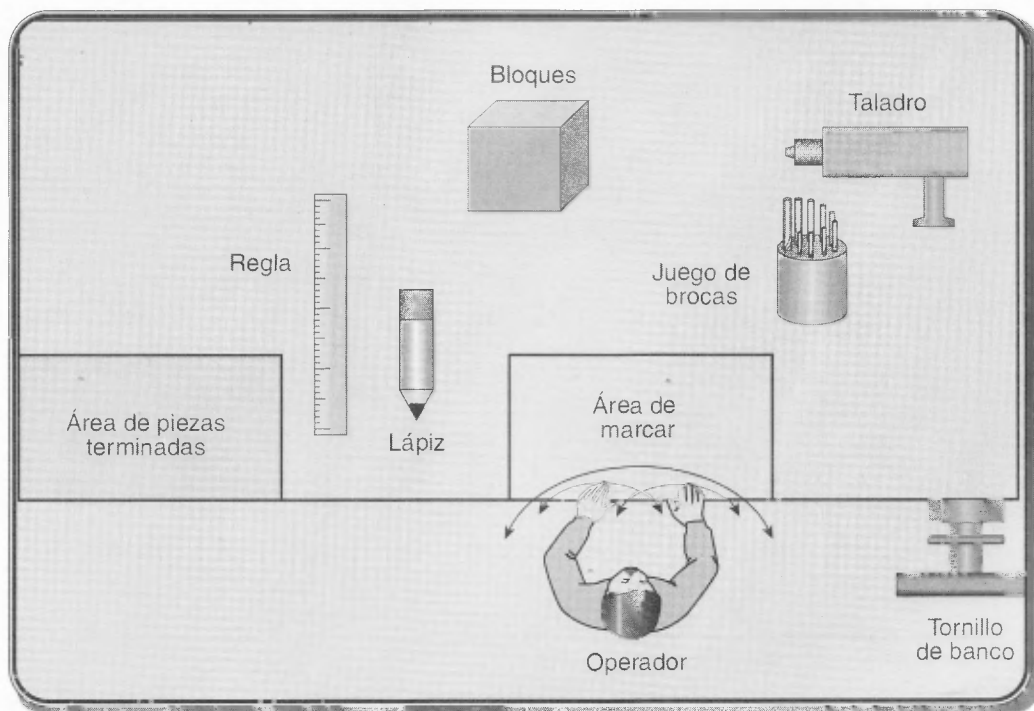
Tabla 17.15 Tarjetas de datos de uso de herramienta.

| ABGABP ABPA                    |                     |                       |          | SECUENCIA USO DE HERRAMIENTA |                         |                        |         |                                             |         |                     |          |          |                             |                                    |                      |
|--------------------------------|---------------------|-----------------------|----------|------------------------------|-------------------------|------------------------|---------|---------------------------------------------|---------|---------------------|----------|----------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Í<br>N<br>D<br><br>I<br>C<br>E | C                   |                       |          |                              | S                       |                        |         | M                                           |         | R                   |          |          | T                           |                                    |                      |
|                                | AGARRAR,<br>ETC.    | CORTAR<br>(DESGARRAR) | CDRTAR   | TAJAR                        | LIMPIAR<br>CON AIRE     | LIMPIAR CON<br>CEPILLO | LIMPIAR | MEDIR                                       |         | ESCRIBIR            |          | MARCAR   | INSPECCIONAR                |                                    | LEER                 |
|                                | PINZAS              |                       | TIJERAS  | CUCHILLO                     | BOQUILLA                | CEPILLAR               | TRAPO   | DISPOSITIVO<br>DE MEDICIÓN                  |         | LÁPIZ               |          | MARCADOR | OJOS/DEDOS                  |                                    | OJOS                 |
|                                |                     | ALAMBRE               | CORTADAS | NR. DE<br>VECES              | ft²                     | ft²                    | ft²     | in (cm)                                     | ft (cm) | DÍGITOS             | PALABRAS | DÍGITOS  | PUNTOS                      | DÍGITOS,<br>PALABRAS<br>SIMPLES    | PALABRAS<br>DE TEXTO |
| 1                              | Agarrar             |                       | 1        | -                            | -                       | -                      | -       |                                             |         | 1                   | -        | Marca    | 1                           | 1                                  | 3                    |
| 3                              |                     | Suave                 | 2        | 1                            | -                       | -                      | 1/2     |                                             |         | 2                   | -        | 1 Línea  | 3                           | 3                                  | 8                    |
| 6                              | Prueba<br>de dobles | Mediano               | 4        |                              | 1<br>Punto o<br>cavidad | 1<br>Objeto<br>pequeño | -       |                                             |         | 2                   | 1        | 2        | 5<br>Tocar<br>por calor     | 6<br>Escala de valor<br>Fecha/hora | 15                   |
| 10                             |                     | Duro                  | 7        | 3                            | -                       | -                      | 1       | Calibrador<br>de perfil                     |         | 6                   | -        | 3        | 9<br>Palpar<br>por defectos | 12<br>Escala de Vernier            | 24                   |
| 16                             |                     |                       | 11       | 4                            | 3                       | 2                      | 2       | Escala fija<br>Calibrador 12 in.<br>(30 cm) |         | 9<br>Firma<br>Fecha | 2        | 5        |                             | 38<br>Tabla de valores             |                      |
| 24                             |                     |                       | 15       | 6                            | 4                       | 3                      | 3       | Calibrador de reloj                         |         | 13                  | 3        | 7        |                             |                                    | 54                   |
| 32                             |                     |                       | 20       | 9                            | 7                       | 5                      | 5       | Cinta de<br>medición 6 ft (2 m)             |         | 18                  | 4        | 10       |                             |                                    | 72                   |
|                                |                     |                       |          |                              |                         |                        |         | Micrómetro<br>de profundidad                |         |                     |          |          |                             |                                    |                      |
| 42                             |                     |                       | 27       | 11                           | 10                      | 7                      | 7       | Micrómetro OD<br>4" (10 cm)                 |         | 23                  | 5        | 13       |                             |                                    | 94                   |
| 54                             |                     |                       | 33       |                              |                         |                        |         | Micrómetro ID<br>4" (10 cm)                 |         | 29                  | 7        | 16       |                             |                                    | 119                  |

## PROBLEMA

Calcular el tiempo para la perforación de un bloque de madera con un taladro de mano. Las actividades a realizar son las siguientes:

1. Obtener el bloque de madera y colocarlo en el área para marcarlo (ver área de trabajo).
2. Simultáneamente obtener la regla metálica y lápiz y trazar 2 líneas en el bloque. Las líneas conectarán las esquinas diagonalmente y cortarán un punto central del bloque. Dejar la regla y el lápiz a un lado.
3. Colocar el bloque en el tornillo de banco que está situado en uno de los extremos de la mesa de trabajo, para lo cual hay que abrir el tornillo, colocar el bloque y cerrarlo, el mango del tornillo es de 15 centímetros de longitud, se cierra el tornillo con tres movimientos de la manivela.
4. Obtener la caja de brocas, abrirla y sacar la broca de 2 mm, cerrar la caja y dejarla a un lado.
5. Obtener el taladro, abrir el mandril e insertar la broca de 2 mm y cerrarlo con tres vueltas de la manivela.
6. Alinear el taladro al centro del marcador del bloque. Taladrar el agujero y se tarda 30 segundos. El mango del taladro se encuentra a 20 centímetros.
7. Dejar el taladro en la mesa, abrir el tornillo y sacar el bloque, posteriormente colocarlo en el área de piezas terminadas.



**Figura 17.12**  
Lugar de  
trabajo.

Tabla 17.16

|                                         |                                                                                  |                                     |                                                                                                                                                                       |                 |      |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|
| LABORATORIO<br>INGENIERÍA<br>INDUSTRIAL | SISTEMA MOST CÁLCULO X 10                                                        | FECHA DE ELABORACIÓN:               |                                                                                                                                                                       | PÁGINA<br>No. 1 |      |
|                                         |                                                                                  | ANALISTA: JOSÉ ROBERTO LEÓN OROPEZA |                                                                                                                                                                       |                 |      |
| ACTIVIDAD                               | TALADRAR UN BARRENO EN UN BLOQUE DE MADERA                                       | REVISOR: ROBERTO GARCÍA CRIÓLLO     |                                                                                                                                                                       |                 |      |
| CONDICIONES:                            | MARCAR PIEZA                                                                     | TIEMPO EN TMU: TPO. EN MINUTOS      |                                                                                                                                                                       |                 |      |
| No.                                     | DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO                                                           | No.                                 | MODELO DE SECUENCIA                                                                                                                                                   | FREC.           | TMU  |
| 1                                       | Obtener bloque de madera y moverlo al área de marcar.                            | 1                                   | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 40   |
|                                         |                                                                                  | 2                                   | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 90   |
| 2                                       | Obtener regla y lápiz, colocar la regla en el bloque.                            | 6                                   | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 60   |
|                                         |                                                                                  | 8                                   | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>0</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 40   |
| 3                                       | Marcar la primera línea transversal.                                             | 10                                  | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>0</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 30   |
|                                         |                                                                                  | 12                                  | A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> G <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 20   |
| 4                                       | Deslizar la regla en el bloque para la segunda línea.                            | 13                                  | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 40   |
|                                         |                                                                                  | 15                                  | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>0</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 150  |
| 5                                       | Hacer el segundo marcado, dejar regla y lápiz a un lado.                         | 17                                  | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 40   |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
| 6                                       | Tomar el bloque y colocarlo en el tornillo de banco que está dentro del alcance. |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
| 7                                       | Cerrar el tornillo con tres vueltas de manivela.                                 |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
| 8                                       | Alcanzar y tomar la caja de brocas que se encuentra en la mesa.                  | 4                                   | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> M <sub>1</sub> X <sub>0</sub> I <sub>0</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 80   |
|                                         |                                                                                  | 7                                   | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> M <sub>2</sub> X <sub>0</sub> I <sub>0</sub> A <sub>0</sub>                                                              |                 |      |
| 9                                       | Abrir la caja de brocas.                                                         | 9                                   | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> M <sub>1</sub> X <sub>0</sub> I <sub>0</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 50   |
|                                         |                                                                                  | 11                                  | A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> G <sub>0</sub> M <sub>2</sub> X <sub>0</sub> I <sub>0</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 30   |
| 10                                      | Tomar la broca de 2 mm de diámetro.                                              | 16                                  | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> M <sub>1</sub> X <sub>11</sub> I <sub>0</sub> A <sub>0</sub>                                                             | 1               | 1390 |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G M X I A                                                                                                                                                         |                 |      |
| 11                                      | Cerrar la caja de brocas.                                                        |                                     | A B G M X I A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G M X I A                                                                                                                                                         |                 |      |
| 12                                      | Dejar a un lado la caja.                                                         |                                     | A B G M X I A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G M X I A                                                                                                                                                         |                 |      |
| 13                                      | Tomar el taladro que se encuentra en la mesa y colocar la broca.                 | 3                                   | A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> G <sub>0</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> R <sub>1</sub> A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> P <sub>0</sub> A <sub>0</sub>  | 1               | 50   |
|                                         |                                                                                  | 5                                   | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> R <sub>3</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>  | 1               | 70   |
| 14                                      | Ajustar la broca al mandril con tres torques de muñeca.                          | 14                                  | A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> F <sub>10</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>0</sub> A <sub>0</sub> | 1               | 150  |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
| 15                                      | Colocar el taladro en el bloque.                                                 |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
| 16                                      | Perforar bloque empujando el taladro en dos etapas un tiempo de 50 segundos.     |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A B P A                                                                                                                                                   |                 |      |
| 17                                      | Dejar taladro a un lado.                                                         | 17                                  | A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 50   |
|                                         |                                                                                  | 19                                  | A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> G <sub>1</sub> A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> A <sub>0</sub>                                                              | 1               | 50   |
| 18                                      | Abrir el tornillo de banco.                                                      |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         | 1               | 30   |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
| 19                                      | Obtener el bloque y dejarlo a un lado.                                           |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |
|                                         |                                                                                  |                                     | A B G A B P A                                                                                                                                                         |                 |      |

TIEMPO TOTAL EN TMU: 2200

TIEMPO TOTAL EN MINUTOS:



## BIBLIOGRAFÍA

---

- Maynard, H. B., *Manual de la ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1985.
- Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial, métodos tiempo y movimientos*, Alfaomega, 9a. ed., México, 1995.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, Limusa, 3a. ed., México 199

## **Balance de líneas de producción**

Los sistemas pueden ser estáticos o dinámicos; pero si han de continuar, deben poder ajustarse al ambiente mutable.

**Rocco Martino**

### **OBJETIVOS**

- Tomar conciencia de la necesidad de balancear las líneas de producción.
- Mostrar las técnicas para determinar el número de operarios que se ocuparán en la línea de producción.
- Minimizar el número de estaciones de trabajo.
- Asignar el número de operarios a cada estación de trabajo.

### **GENERALIDADES**

A la línea de producción se le reconoce como el principal medio para fabricar a bajo costo grandes cantidades o series de elementos normalizados.

En su concepto más perfeccionado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonadamente directo.

Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

1. Cantidad. El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
2. Equilibrio. Los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
3. Continuidad. Una vez iniciadas, las líneas de producción deben continuar pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones. Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, subensambles, etcétera, y la previsión de fallas en el equipo.
  - a) Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operadores necesarios para cada operación.
  - b) Conocido el tiempo del ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo.
  - c) Conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a las mismas.

Cada uno de estos problemas puede tener ciertas restricciones o no, de acuerdo con el producto y al proceso.

## DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS PARA CADA OPERACIÓN

Para calcular el número de operadores necesario para el arranque de la operación, se aplica la siguiente fórmula.

$$IP = \frac{\text{Unidades a fabricar}}{\text{Tiempo disponible de un operador}}$$

$$NO = \frac{TE \times IP}{E}$$

en donde:

$NO$  = número de operadores para la línea.

$TE$  = tiempo estándar de la pieza.

$IP$  = índice de producción.

$E$  = eficiencia planeada.

Ejemplo: Se debe balancear la línea de ensamble que muestra la tabla 18.1.

La producción requerida es de 1 200 piezas.

El turno de trabajo es de 8 horas.

El analista planea una eficiencia de 90%

Tabla 18.1.

| OPERACIÓN      | TE (MIN) |
|----------------|----------|
| 1              | 1.25     |
| 2              | 0.95     |
| 3              | 2.18     |
| 4              | 1.10     |
| 5              | 0.83     |
| $\Sigma$ Total | 6.31     |

$$IP = \frac{1200}{(8)(60)} = 25$$

El número de operadores teóricos para cada estación será:

$$NO_1 = \frac{1.25 \times 2.5}{0.90} = 3.47 \quad NO_2 = \frac{0.95 \times 2.5}{0.90} = 2.64$$

$$NO_3 = \frac{2.18 \times 2.5}{0.90} = 6.06 \quad NO_4 = \frac{1.10 \times 2.5}{0.90} = 3.06$$

$$NO_5 = \frac{0.83 \times 2.5}{0.90} = 2.31$$

Aplicamos los resultados en la tabla 18.2.

Tabla 18.2.

| OPERACIÓN | TE (MIN) | NO TEÓRICOS | NO REALES |
|-----------|----------|-------------|-----------|
| 1         | 1.25     | 3.47        | 4         |
| 2         | 0.95     | 2.64        | 3         |
| 3         | 2.18     | 6.06        | 6         |
| 4         | 1.10     | 3.06        | 3         |
| 5         | 0.83     | 2.31        | 3         |
| Total     |          |             | 19        |

Se puede pensar en reajustar los tiempos de tal manera que no existan tiempos muertos. Para este ejemplo se consideran las restricciones de que los operadores no pueden moverse de una estación de trabajo a otra; además, debido al proceso ningún tiempo puede ser cambiado.



Se desea que un trabajo donde participen varios operadores, cada uno de los cuales lleva a cabo operaciones consecutivas como una sola unidad, genere que la velocidad de producción a través de la línea dependa del operador más lento.

Tabla 18.3.

| OPERACIÓN | TE (MIN)        | MINUTOS ESTÁNDAR ASIGNADOS |
|-----------|-----------------|----------------------------|
| 1         | $1.25/4 = 0.31$ | 0.37                       |
| 2         | $0.95/3 = 0.32$ | 0.37                       |
| 3         | $2.18/6 = 0.36$ | 0.37                       |
| 4         | $1.10/3 = 0.37$ | 0.37                       |
| 5         | $0.83/3 = 0.28$ | 0.37                       |

Como se observa en la tabla 18.3, la operación 4 es la que tiene el mayor número de minutos asignados y es la que determinará la producción de la línea.

$$\text{Piezas por día} = \frac{3 \text{ operadores} \times 480 \text{ minutos}}{1.10 \text{ tiempo estándar}} = 1309 \text{ piezas}$$

$$\text{Eficiencia línea balanceada} = \frac{\text{Tardanza}}{\text{Tiempo asignado}}$$

La eficiencia de esta línea es:

$$E = \frac{\text{Minutos estándar por operación}}{\text{Minutos estándar asignados} \times \text{Número de operarios}} \times 100$$

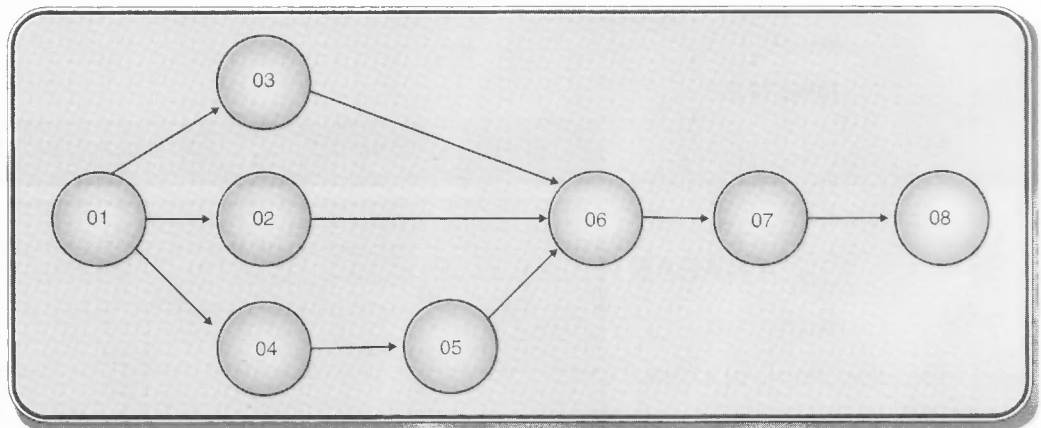
$$E = \frac{6.31}{(0.37)(19)} \times 100 = 89.76\%$$

## MINIMIZACIÓN DEL NÚMERO DE ESTACIONES DE TRABAJO

Diagrama de precedencia. Es una gráfica donde se establece el número limitado de las secuencias de elementos que sean física o económicamente factibles de realizar en un procedimiento.

Por ejemplo, si para el ensamble final de un televisor son necesarias las siguientes operaciones:

| OPERACIÓN | CONCEPTO                          | TIEMPO  |
|-----------|-----------------------------------|---------|
| 01        | Limpiar el gabinete               | 0.5 min |
| 02        | Colocar bocinas en el gabinete    | 1.0 min |
| 03        | Colocar tableta de control        | 3.5 min |
| 04        | Colocar cinescopio en el gabinete | 3.0 min |
| 05        | Colocar el yugo en el cinescopio  | 1.5 min |
| 06        | Colocar la tapa del gabinete      | 1.0 min |
| 07        | Ajustar el aparato                | 3.5 min |
| 08        | Empacarlo                         | 3.0 min |



**Figura 18.1**  
Diagrama de  
precedencia

El diagrama de precedencia quedaría como muestra la figura 18.1.

Una vez elaborado el diagrama de precedencia, el siguiente paso será calcular el peso posicional por cada unidad de trabajo; para ello se puede construir una tabla similar a la 18.4:

**Tabla 18.4.**

| ELEMENTOS DE TRABAJO<br>DESORDENADOS | PESO POSICIONAL |
|--------------------------------------|-----------------|
| 01                                   | 17.00           |
| 02                                   | 12.00           |
| 03                                   | 11.00           |
| 04                                   | 9.00            |
| 05                                   | 8.50            |
| 06                                   | 7.50            |
| 07                                   | 6.5             |
| 08                                   | 3.00            |

El peso posicional se obtiene calculando la sumatoria de cada unidad de trabajo y de todas aquellas unidades de trabajo que deben seguirla.

Elementos de trabajo:

$$01 = 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08 = 17.00$$

$$02 = 02, 06, 07, 08 = 8.50$$

$$03 = 03, 06, 07, 08 = 11.00$$

$$04 = 04, 05, 06, 07, 08 = 12.00$$

$$05 = 05, 06, 07, 08 = 9.00$$

$$06 = 06, 07, 08 = 7.50$$

$$07 = 07, 08 = 6.50$$

$$08 = 08 = 3.00$$

Ordenando en la tabla 18.5 con respecto al orden decreciente de los pasos posicionales, tenemos:

**Tabla 18.5.**

| ELEMENTOS DE TRABAJO | PESO POSICIONAL |
|----------------------|-----------------|
| 01                   | 17.00           |
| 04                   | 12.00           |
| 03                   | 11.00           |
| 05                   | 9.00            |
| 02                   | 8.50            |
| 06                   | 7.50            |
| 07                   | 6.5             |
| 08                   | 3.00            |

Ahora se deben asignar los elementos de trabajo a las diversas estaciones, basados en los pesos de posición y en el tiempo del ciclo del sistema, para lo cual elaboramos la tabla 18.6

$$\text{Tiempo del ciclo del sistema} = \frac{\text{Tiempo disponible de un operador}}{\text{Producción diaria}} \times \text{Eficiencia}$$

Por ejemplo, se supone que la producción diaria es de 50 unidades y se espera un factor de eficiencia de 95%.

$$\text{Tiempo del ciclo del sistema} = \frac{480 \times 0.95}{50} = 9.12$$

De lo anterior se observa que 8.50 es el más próximo al tiempo del ciclo del sistema que es 9.12 y será el número a tomar para determinar la producción diaria.

El tiempo ajustado será de 8.50 minutos.

$$\text{Producción diaria} = \frac{(480)(0.95)}{8.50} = 53 \text{ aparatos}$$

Tabla 18.6.

| ELEMENTO DE TRABAJO       | PESO POSICIONAL | PREDECESORES INMEDIATOS | TIEMPO DEL ELEMENTO DE TRABAJO | TIEMPO ACUMULATIVO DE ESTACIÓN |
|---------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Estación de trabajo No. 1 |                 |                         |                                |                                |
| 01                        | 17.00           |                         | 0.50                           | 0.50                           |
| 04                        | 12.00           | 01                      | 3.00                           | 3.50                           |
| 03                        | 11.00           | 01                      | 3.50                           | 7.00                           |
| 05                        | 9.00            | 01,04                   | 1.50                           | 8.50                           |
| 02                        | 8.50            | 01                      | 1.00                           | 9.50                           |
| Estación de trabajo No. 2 |                 |                         |                                |                                |
| 02                        | 8.50            | 01                      | 1.00                           | 1.00                           |
| 06                        | 7.50            | 01,02,03                | 1.00                           | 2.00                           |
| 07                        | 6.50            | 01,02,03,06             | 3.50                           | 5.50                           |
| 08                        | 3.00            | 01,02,03,06,07          | 3.00                           | 8.50                           |

## ASIGNACIÓN DE ELEMENTOS DE TRABAJO A LAS ESTACIONES DE TRABAJO

No con mucha dificultad se encuentran fábricas donde debido a su distribución resulta inconveniente cambiar el modelo de un producto. Resulta más fácil trabajar con las estaciones de trabajo ya existentes asignándoles elementos de trabajo.

Ejemplo. En una fábrica existen cuatro estaciones de trabajo y los tiempos estándar elementales para elaborar un nuevo modelo son los que marca la tabla 18.7.

Tabla 18.7.

| ELEMENTOS | TE (MIN) |
|-----------|----------|
| 01        | .20      |
| 02        | .36      |
| 03        | .18      |
| 04        | .47      |
| 05        | .62      |
| 06        | .58      |
| 07        | .49      |
| 08        | .22      |
| 09        | .58      |
| Total     | 3.70     |

La única restricción que se ha planteado es que las operaciones no pueden cambiar de orden.

Para calcular el tiempo del ciclo por estación, se debe dividir el tiempo total entre el número de estaciones. Para nuestro ejemplo es:

$$\text{Tiempo del ciclo} = \frac{3.70}{4} = 0.93 \text{ minutos}$$

Por lo anterior cada estación deberá tener elementos de trabajo lo más cercano a 0.93, como se ve en las tablas 18.8 y 18.9.

**Tabla 18.8.**

| ELEMENTOS      | TIEMPO ELEMENTAL | TIEMPO ACUMULADO |
|----------------|------------------|------------------|
| Estación No. 1 |                  |                  |
| 01             | 0.20             | 0.20             |
| 02             | 0.36             | 0.56             |
| 03             | 0.18             | 0.74             |

**Tabla 18.9.**

| ELEMENTOS      | TIEMPO ELEMENTAL | TIEMPO ACUMULADO |
|----------------|------------------|------------------|
| Estación No. 2 |                  |                  |
| 04             | 0.47             | 0.47             |
| 05             | 0.62             | 1.09             |
| Estación No. 3 |                  |                  |
| 06             | 0.58             | 0.58             |
| 07             | 0.49             | 1.07             |
| Estación No. 4 |                  |                  |
| 08             | 0.22             | 0.22             |
| 09             | 0.58             | 0.80             |

El tiempo de la estación 2 es el que nos va a determinar la producción de la línea ya que es el tiempo mayor de todas las estaciones.

La capacidad de producción estará determinada por la operación más lenta:

$$\text{Producción diaria} = \frac{480}{1.09} = 440 \text{ piezas por turno por un operador}$$

### Problema de aplicación

En un proceso de ensamble que comprende 10 operaciones, es necesario producir 500 unidades por día de trabajo de 8 horas.

Los tiempos de operación estándar son los siguientes:

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| Operación 1 = 15 minutos    | Operación 6 = 3.16 minutos   |
| Operación 2 = 8.5 minutos   | Operación 7 = 7.24 minutos   |
| Operación 3 = 24.20 minutos | Operación 8 = 16.88 minutos  |
| Operación 4 = 18.6 minutos  | Operación 9 = 15 minutos     |
| Operación 5 = 4.25 minutos  | Operación 10 = 22.16 minutos |

- ¿Cuántos operadores se necesitarían si la eficiencia fuera de 80%?
- ¿Cuántos trabajadores tendrían que utilizarse en cada una de las diez operaciones?

### LÍNEA DE ENSAMBLE

En un sentido general, el término línea de ensamble se refiere al ensamble progresivo enlazado por algún dispositivo de manejo de materiales como puede ser: bandas transportadoras, correas sinfín, grúas aéreas, etc. La gama de productos parcial o totalmente ensamblados sobre las líneas incluyen, juguetes, herramientas, autos, aviones, ropa y una gran variedad de artículos electrónicos, se puede decir que prácticamente cualquier producto que tenga múltiples partes que se produzcan en grandes cantidades utiliza la línea de ensamble, ya que constituyen una importante tecnología.

### Pasos para el balance de una línea de ensamble

- Especificar las relaciones secuenciales entre las tareas utilizando un diagrama de precedencia.
- Determinar el tiempo del ciclo requerido (C).

$$C = \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Producción diaria requerida (en unidades)}}$$

- Determinar el número de estaciones de trabajo (N) requeridas para satisfacer la limitación del ciclo.

$$N = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas (T)}}{\text{Tiempo del ciclo (C)}}$$

- Seleccionar las reglas de asignación de las tareas en las diferentes estaciones de trabajo.
- Asignar las tareas, una a la vez, a la primera estación de trabajo hasta que la suma de los tiempos sea igual al trabajo del ciclo.

6. Evaluar la eficiencia de equilibrio de la estación.

$$E = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas}}{\text{Número de estaciones de trabajo (N)} \times \text{Tiempo de ciclo (C)}}$$

### Ejemplo de aplicación

La vagoneta WW debe ensamblarse sobre una cinta transportadora. Se requieren 500 unidades diarias, el tiempo de producción real por día es de 420 minutos. La tabla 18.10 indica los pasos y tiempo de ensamble.

Encontrar:

- El número de estaciones de trabajo.
- Calcular la eficiencia de la línea.
- Asignar la tarea por estación.

### SOLUCIÓN

1. Diagrama de precedencia.

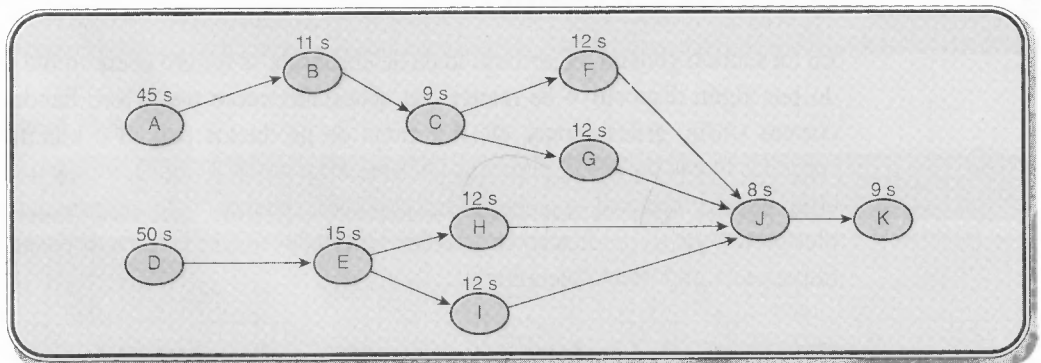


Tabla 18.10.

| TAREA | TIEMPO DE LA TAREA<br>EN SEGUNDOS | TAREAS DE<br>PRECEDENCIA |
|-------|-----------------------------------|--------------------------|
| A     | 45                                | —                        |
| B     | 11                                | A                        |
| C     | 9                                 | B                        |
| D     | 50                                | —                        |
| E     | 15                                | D                        |
| F     | 12                                | C                        |
| G     | 12                                | C                        |
| H     | 12                                | E                        |
| I     | 12                                | E                        |
| J     | 12                                | F, G, H, I               |
| K     | 9                                 | J                        |

2. Determinación del tiempo del ciclo.

$$C = \frac{60 \text{ seg} \times 420 \text{ min}}{500 \text{ piezas}} = \frac{25\,200}{500} = 50.4 \text{ seg por unidad}$$

3. Número teórico mínimo de estaciones de trabajo.

$$N = \frac{T}{C} = 195 = 4 \text{ estaciones (redondeado)}$$

4. Seleccionar reglas de asignación.

- a) Asignar las tareas en orden descendente.

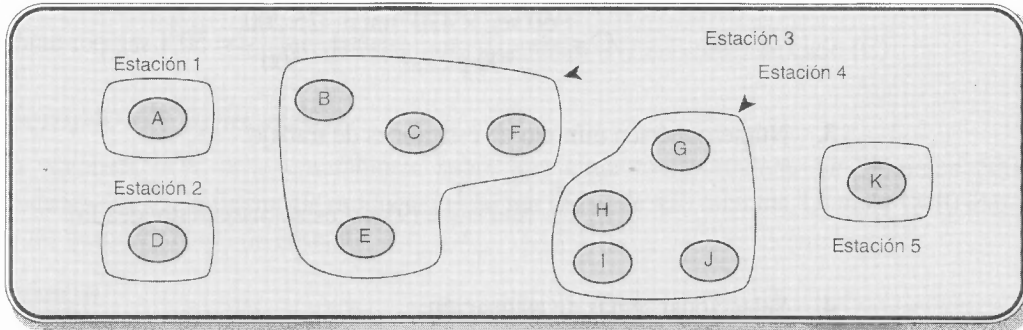
| TAREA      | NÚMERO DE TAREAS QUE LE SIGUEN |
|------------|--------------------------------|
| A          | 6                              |
| B, D       | 5                              |
| C, E       | 4                              |
| F, G, H, I | 2                              |
| J          | 1                              |
| K          | 0                              |

- b) Asignar tareas con base en el tiempo más largo.

| ESTACIÓN | TAREA | TIEMPO DE LA TAREA EN SEGUNDOS | TIEMPO NO ASIGNADO |
|----------|-------|--------------------------------|--------------------|
| 1        | A     | 45                             | 5.4                |
| 2        | D     | 50                             | 0.4                |
| 3        | B     | 11                             | 39.4               |
|          | E     | 15                             | 24.4               |
|          | C     | 9                              | 15.4               |
|          | F     | 12                             | 3.4                |
| 4        | G     | 12                             | 38.4               |
|          | H     | 12                             | 26.4               |
|          | I     | 12                             | 14.4               |
|          | J     | 8                              | 6.4                |
| 5        | K     | 9                              | 41.4               |



5. Asignación de las tareas en las estaciones de trabajo.



6. Cálculo de la eficiencia:

$$E = \frac{T}{N \times C} = \frac{195}{(5) (50.4)} = 0.77 = 77\%$$

Si quisiéramos utilizar solamente cuatro estaciones de trabajo y eliminar la quinta estación. Y se contara con todas las herramientas se haría lo siguiente:

- Se puede utilizar sobrante de las estaciones de trabajo 1, 3 y 4, ya que únicamente se requiere un tiempo de 9 segundos.
- Si no se tuviera todo lo necesario se tendría que trabajar tiempo extra.

Con cuatro estaciones se incrementaría la eficiencia de la línea.

$$E = \frac{T}{N \times C} = \frac{195}{(4) (50.4)} = 0.99 = 99\%$$

**Problema a resolver**

Una línea de ensamble debe operar ocho horas diarias con una producción deseada de 240 unidades diarias. La tabla siguiente contiene información sobre la tarea que requiere este producto.

| TAREA | TIEMPO DE LA TAREA | TAREA INMEDIATA ANTERIOR |
|-------|--------------------|--------------------------|
| A     | 60                 | —                        |
| B     | 80                 | A                        |
| C     | 20                 | A                        |
| D     | 50                 | A                        |
| E     | 90                 | B, C                     |
| F     | 30                 | C, D                     |
| G     | 30                 | E, F                     |
| H     | 60                 | G                        |

- a) Dibuje el diagrama de procedencia
- b) ¿Cuál es el tiempo del ciclo?
- c) ¿Cuál es la diferencia del balanceo de la línea?

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Barnes, M. Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.
- Maynard, H.B., *Manual de ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1960.
- Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*, Alfa Omega, México, 1990.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al estudio del trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.

## Remuneración del trabajo

Finalmente todas las políticas llegan a hacerse bajo la base de juicios. No hay otra manera y nunca la habrá.

La cuestión de fondo está en saber si esos juicios tienen que hacerse dentro de una espesa neblina de datos inadecuados e imprecisos y bajo opiniones en conflicto, o bien, si pueden hacerse con información precisa y confiable, que revela experiencia en hechos reales. Al final, el análisis de los datos no es más que una ayuda al juicio. El juicio es lo supremo.

Alain C. Enthoven

### OBJETIVOS

- Definir y ejemplificar cada uno de los tipos de planes de incentivos que existen.
- Mencionar la clasificación de los planes de incentivos.
- Mencionar los principios fundamentales que sustentan el éxito de un plan de incentivos.
- Explicar qué consecuencia tiene implantar un plan de incentivos.
- Explicar por qué fracasan los planes de incentivos.

## SALARIO: UNA BREVE INTRODUCCIÓN

Se entiende por **salario** o **suelo** la remuneración en dinero o en especie que percibe el trabajador por cuenta o bajo dependencia ajena por el trabajo que realiza.

En la actualidad, la fijación de los salarios se realiza por convenios entre empresarios y trabajadores, a los que se llega después de laboriosísimas negociaciones; son, como veremos,

muchas las circunstancias que deben considerar ambas partes y muy complicada la composición de un salario moderno. Por ejemplo:

- Antigüedad.
- Horas extraordinarias.
- Aspectos familiares.
- Domingos, días festivos, vacaciones.
- Trabajo nocturno.
- Trabajos inseguros o peligrosos.
- Incentivos.
- Prestaciones.
- Indemnizaciones.
- Ropas de trabajo, herramienta, etcétera.

## SALARIO JUSTO

La fijación del *salario justo* es uno de los grandes problemas que permanentemente debe enfrentar cualquier empresa. Y es que el salario, además de ser el contravalor del trabajo realizado, es también un exponente de la categoría que el trabajador tiene en la empresa.

Del salario depende también el nivel de vida y la posición social. Todas estas circunstancias contribuyen a aumentar las presiones de los trabajadores para lograr mejores salarios.

Por otra parte, como el salario constituye una parte importante del costo de cualquier trabajo, las empresas tratarán de pagar los salarios mínimos para producir a precios inferiores a los de la competencia y estar en mejor situación para obtener mayores beneficios.

Los salarios deben satisfacer las siguientes condiciones:

- a) Deben ser suficientes para cubrir las necesidades fisiológicas y psicológicas de los trabajadores y sus familias (comida, vestido, vivienda, educación, diversiones, etcétera).
- b) Deben estar en relación con la clase de trabajo realizada.
- c) Deben ser similares a los de otras empresas de la localidad para los mismos trabajos, con objeto de evitar el desplazamiento de los operadores a los puestos mejor remunerados.
- d) Deben estar ligados con el rendimiento en el trabajo (primas, incentivos).
- e) Deben estar vinculados con el resultado económico de la empresa y participar de los beneficios obtenidos en la misma.

## NIVELES SALARIALES

Podría creerse que con la aprobación de un convenio entre empresarios y trabajador quedarían fijos los salarios si no definitivamente, por lo menos para un largo periodo.

Desafortunadamente no es así. La elevación del costo de vida y el natural afán de elevar nuestro nivel de vida, sin tener en cuenta otras consideraciones, producen constantes tentaciones que, en un plazo más o menos largo, originan una nueva revisión de salarios.

Esta modificación se lleva a cabo en la época de la revisión del contrato colectivo y una buena política considera que no deben aumentarse los salarios más allá de 3% del aumento de productividad que se haya logrado desde el último convenio, pues si suben más aumentará el costo de productos, y si se produce un aumento similar en otras ramas de la producción, se incrementará el costo de la vida y se anularán los beneficios conseguidos.

Otra limitación al aumento de los salarios suele ser la crítica situación económica de la empresa, que puede tener importantes pérdidas en caso de ceder a las exigencias de los trabajadores, sin más porvenir que un cierre a más o menos largo plazo.

## CLASES DE SALARIOS

Fundamentalmente, hay tres clases de salarios:

- Salarios simples.
- Salarios con incentivos.
- Salarios con calificación por el mérito.

Los salarios simples se fijan exclusivamente en función del puesto de trabajo, sin tener en cuenta ni las aptitudes ni el interés por el operador en su trabajo.

Cuando se aplican salarios con incentivos, las retribuciones están en relación con el rendimiento del trabajo del operador que ocupa el puesto.

En los salarios con calificación al mérito, la retribución de cada puesto de trabajo varía de acuerdo con las condiciones del operador que lo ocupa, según su calificación por el mérito.

### *Salarios simples*

Este tipo de salario tiene las siguientes ventajas:

1. Son de aplicación sencilla, ya que el único factor que interviene en ellos es el tiempo de trabajo.
2. Los pagos de estos salarios son fácilmente comprendidos por todos los trabajadores.
3. Se asegura un ingreso fijo al trabajador

Sin embargo, tienen las siguientes desventajas:

1. No se distinguen los buenos de los malos trabajadores, lo cual desanima a los primeros, que acaban igualando su producción con la de los segundos.
2. El rendimiento obtenido en el trabajo es muy inferior al obtenido con los salarios con incentivos, pues en muchas ocasiones no llegan ni a 50% de éstos.

A pesar de estos graves inconvenientes, se emplean los salarios simples:

- a) Cuando se trabaja con productos muy diferentes y es imposible establecer los salarios con incentivos.

**Tabla 19.1** Ajuste de salarios con la valoración de los puestos.

| ORDENACIÓN | PUESTOS | TARIFA /HORA |
|------------|---------|--------------|
| 1          | A       | 31.00        |
| 2          | B       | 30.50        |
| 3          | C       | 30.25        |
| 4          | D       | 29.75        |
| 5          | E       | 29.50        |
| 6          | F       | 28.00        |

- b) Cuando se realizan trabajos muy delicados, o con materias primas muy valiosas, e interesa una labor bien hecha y sin rechazos, atendiendo más a la calidad que a la cantidad de trabajo.

### **Ajuste de los salarios con la variación de los puestos de trabajo por jerarquización**

Una vez ordenados los puestos de trabajo por jerarquización, se anota en el cuadro (tabla 19.1) el salario mínimo para el puesto de inferior categoría y el máximo del puesto de mayor categoría. A continuación se asignan los salarios de valores intermedios, de manera que se conserve el mismo orden en la escala de salarios que en la de puestos de trabajo.

Si se trata de un reajuste de salarios en una empresa donde se ha revisado la valoración de los puestos de trabajo, se anotan los salarios actuales en el cuadro resultante de la ordenación actual.

### **Ajuste de los salarios según la valoración de los puestos de trabajo por puesto**

Cuando la valoración de los puestos de trabajo se ha realizado por puntos, se dibuja un diagrama que representa los valores de los salarios mínimo y máximo en el eje de las ordenadas, y los puntos que le corresponden en el eje de las abscisas (figura 19.1).

Luego se trazan tres curvas que permitirán calcular todos los demás salarios en función del número de puntos de los puestos:

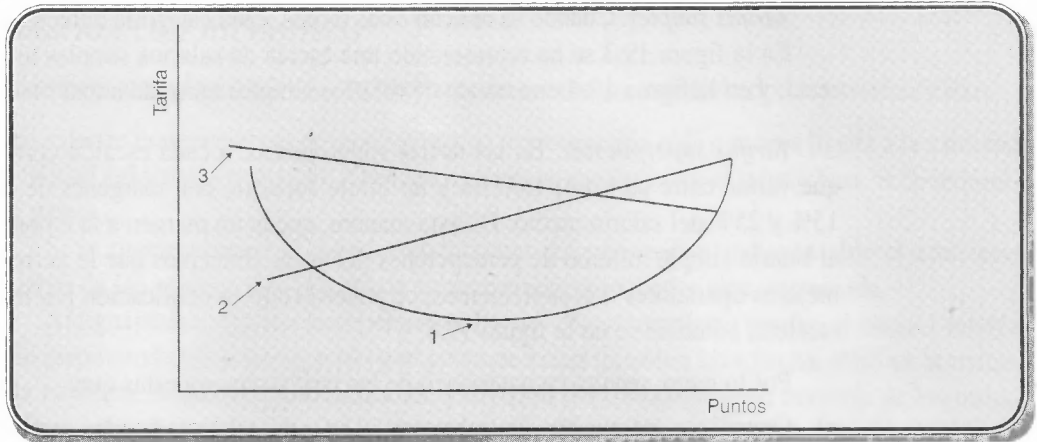
La curva 1, que es la que mejor se adapta a la distribución normal de los salarios.

La recta 2, que se obtiene uniendo el punto que representa el salario más bajo de los puestos menos valorados, con el más alto de los menos valorados. Este enfoque se utiliza cuando se quiere atraer a operadores muy calificados.

La recta 3, que se obtiene uniendo el salario más alto de los puestos menos valorados con el más bajo de los más valorados. Se utiliza cuando se quiere atraer a operadores poco calificados.

**Figura 19.1**

Ajustes de los salarios con la valoración de los puestos de trabajo por puntos.



### Salarios escalonados

Con objeto de simplificar el trabajo administrativo, si el número de puestos de trabajo es grande, se acostumbra agrupar los salarios simples en un número determinado de categorías que varía generalmente de 8 a 12.

La agrupación de salarios debe realizarse de tal manera que al histograma de frecuencias del número de puestos incluidos en cada categoría, se ajuste una curva de distribución normal (figura 19.2).

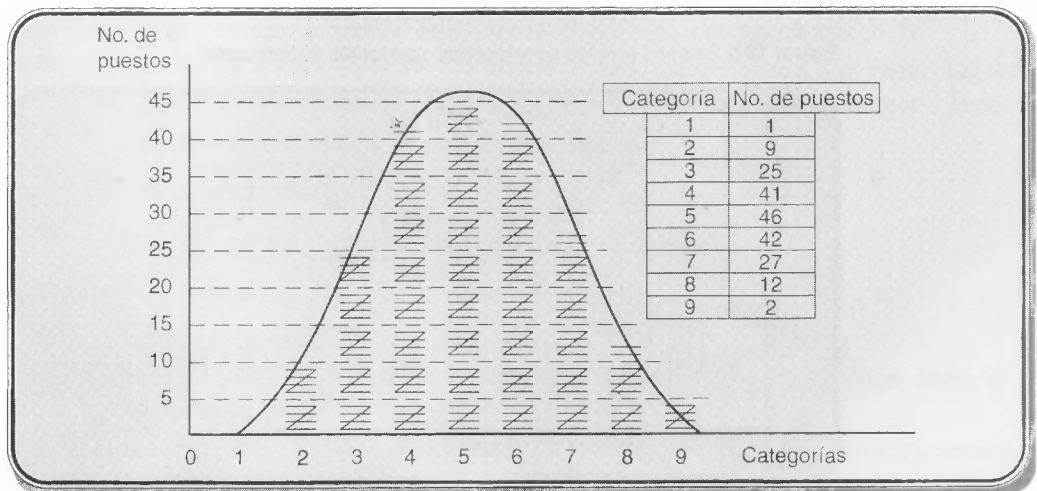
Las curvas de representación de los salarios en función de los puestos de trabajo se convierten en líneas quebradas escalonadas, como se aprecia en las figuras 19.3 y 19.4.

A cada escalón corresponde una categoría de salarios y se le pueden atribuir dos clases de tarifas:

- a) Tarifas simples.
- b) Tarifas superpuestas.

**Figura 19.2**

Histograma de frecuencia de los salarios clasificados en nueve categorías.



*Tarifas simples.* Cuando se aplican estas tarifas, cada categoría tiene un solo nivel salarial.

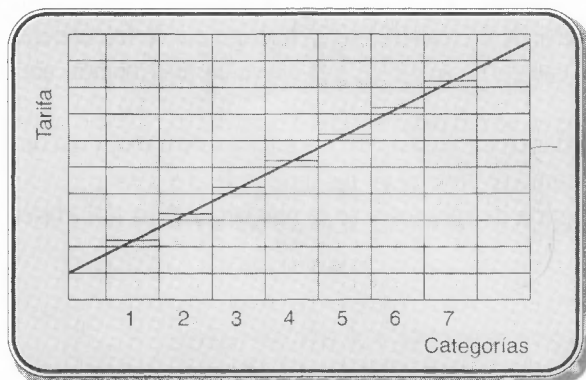
En la figura 19.3 se ha representado una escala de salarios simples ajustada a una línea recta, y en la figura 19.4 una escala de salarios simples ajustada a una línea curva.

*Tarifas superpuestas.* En las tarifas superpuestas, a cada escalón corresponden salarios que varían entre un límite inferior y un límite superior, con márgenes de variación de entre 15% y 25% del salario medio. De esta manera, queda un margen a la empresa para acumular al salario simple mínimo de percepciones por otros conceptos que le permiten premiar a los mejores operadores con suplementos, de acuerdo con su calificación por mérito, antigüedad, etcétera, como se ve en la figura 19.5.

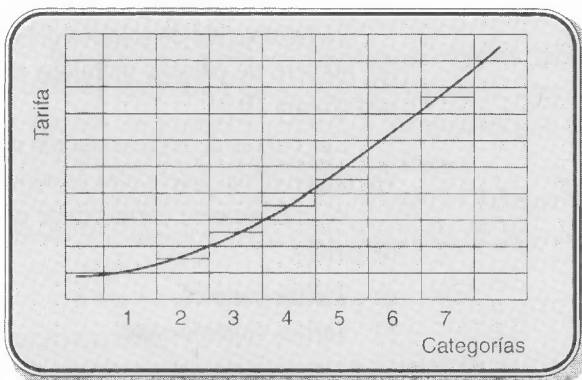
Por lo tanto, resulta característico de las tarifas superpuestas que:

- Operadores en puestos de trabajo de la misma categoría pueden recibir remuneraciones diferentes.
- Operadores en puestos de trabajo de una categoría determinada pueden percibir remuneraciones iguales y aun inferiores a operadores de una categoría inferior.

**Figura 19.3** Salarios simples escalonados, ajustados a una línea de conversión recta.



**Figura 19.4** Salarios simples escalonados, ajustados a una línea de conversión curva.



**Figura 19.5** Salarios simples escalonados, con tarifas superpuestas.





## Salarios con incentivos

### Salarios con incentivos relacionados con la cantidad de producción

Los salarios con incentivos proporcionan una remuneración más o menos ligada a la cantidad o calidad del trabajo realizado. Al exceso de remuneración sobre el salario base se le denomina *prima*.

Si se quiere obtener el debido rendimiento del personal es indispensable el establecimiento de los salarios con incentivos en toda empresa moderna bien organizada.

Antiguamente, cuando los operadores hacían obras completas sentían el natural interés que inspira toda labor de creación y el gusto de hacer una obra bien hecha. Pero en la industria moderna, debido a la mecanización y división del trabajo, la gran mayoría de los trabajadores no realizan más que operaciones, y a veces una sola, de un proceso de fabricación en línea, repetido miles de veces, y que por lo tanto no les produce el menor interés.

Por lo anterior y para interesar a los trabajadores en la tarea que realizan, y obtener así mejor rendimiento, se han establecido incentivos económicos. Es decir, que el operador moderno, cuando trabaja, piensa en cómo hacerlo más de prisa para sacar más dinero y en esto estriba su interés por el trabajo.

### Ventajas de los salarios con incentivos

El aumento del rendimiento en el trabajo, obtenido con los salarios con incentivos, beneficia no sólo a los trabajadores sino también a las empresas, que producen con menores costos, y a los consumidores, que pueden adquirir productos más baratos.

### Condiciones que deben reunir los salarios con incentivos

Para ser eficaces, los sistemas de incentivos deben reunir las siguientes condiciones:

a) Deben ser justos:

- Deben establecerse con la única intención de estimular a los trabajadores, pero sin forzarlos a realizar esfuerzos excesivos ni exponerlos a un accidente.
- Deben otorgar a los trabajadores remuneraciones proporcionales a su capacidad de trabajo y esfuerzo, sin que nunca un trabajador incapacitado obtenga mayores ingresos que otro normal trabajando su jornada de trabajo.

b) Deben ser sencillos y claros:

- Su establecimiento y funcionamiento debe ser económico.

c) Deben ser eficientes:

- Debe estar bien calculado el tiempo tipo.
- Debe ser bien conocido el tiempo estándar por todos los trabajadores antes de comenzar los trabajos.
- Deben calcularse rápidamente los rendimientos de cada operador y comunicárselos a ellos, de ser posible, de un día para otro.

- Deben pagarse las primas sin ningún retraso, si es que se quiere que sirva como estímulo del trabajo.

### Sistemas de salarios con incentivos

Los más empleados son los siguientes:

- I. Salarios relacionados con la cantidad de producción.
  1. Salarios proporcionales a la producción.
    - a) Con precio por operación o pieza (a destajo).
    - b) Con prima por tiempo ahorrado.
    - c) Con prima por puntos Bedaux.
  2. Salarios proporcionalmente menores que la producción.
    - a) Sistema Halsey.
    - b) Sistema Rowan.
  3. Salarios proporcionalmente mayores que la producción.
    - a) Sistema Taylor.
    - b) Sistema de porcentaje variable (sistema 140-150).
- II. Salarios relacionados con otras características de la producción.
  1. Salarios que varían con la calidad del trabajo.
  2. Salarios que varían con la desviación de índices de eficiencia.
  3. Salarios con primas especiales.
  4. Salarios con primas colectivas.
  5. Salarios con prima única para toda la empresa: salario proporcional.

### Salarios proporcionales a la producción

- a) Con precio por operación o pieza producida. El salario total,  $St$ , se calcula simplemente multiplicando el precio  $p$  por el número de operaciones o piezas realizadas  $n$ :

$$St = p \times n$$

- b) Con prima por tiempo ahorrado (Prima  $100 \times 100$ ).

Se fija el tiempo necesario,  $Tp$ , para realizar una operación o una pieza.

Se cuentan las piezas u operaciones realizadas,  $n$  y se calcula el tiempo necesario,  $T$ , para realizarlas.

$$T = Tp \times n$$

Si  $p$  es el precio fijado para la hora de trabajo, el salario  $St$  será:

$$St = p \times T = p \times Tp \times n$$

De esta manera, si el tiempo real invertido por el operador es inferior al teórico  $Tp$ , cobrará más que el salario base, pero si fuera superior, cobraría menos, aunque siempre se le abona su salario base.

Este sistema se denomina prima  $100 \times 100$ , porque el operador cobra 100% del tiempo ahorrado por él. Tiene la ventaja de que no hay que hacer ninguna variación en su planteamiento cuando se modifica la categoría del operador, como ocurre en el sistema anterior, en el que hay que volver a calcular el precio a que se debe pagar la operación o pieza.

c) Con prima por puntos Bedaux.

Este sistema se basa en el punto o minuto de tiempo tipo que se compone de un minuto de trabajo efectivo más el porcentaje correspondiente por descansos, pausas, etcétera, a ese minuto de trabajo.

Se determina entonces el número de minutos de tiempo tipo, o puntos Bedaux, que son necesarios para hacer la operación o pieza, y se los acreditan al trabajador cada vez que hace una operación o pieza.

Si  $n$  es el número de puntos obtenidos y  $p$  el precio del punto, el salario total acreditado será:

$$St = p \times n$$

La presentación de este sistema es la misma que la de los anteriores.

Sin embargo, en todos los sistemas de salarios proporcionales a la producción, las primas conseguidas son proporcionales al tiempo ahorrado.

Si denominamos:

$St$  = al salario total obtenido.

$Sb$  = al salario base horario.

$Tp$  = al tiempo concedido para hacer todo el trabajo.

$Te$  = Tiempo real empleado en hacer el trabajo.

$Tp - Te$  = será el tiempo ahorrado.

Y el salario total será

$$St = Sb \times Tp = Sb (Tp + Te - Te) = Sb \times Te + Sb (Tp - Te) \quad (1)$$

### Salarios proporcionalmente menores que la producción de la ecuación (1)

$$St = Sb \times Te + Sb (Tp - Te)$$

Si introducimos un factor multiplicador  $K$  en el tiempo ahorrado quedará de la siguiente manera:

$$S = Sb \times Te + K \times Sb (Tp - Te) \quad (2)$$

Si  $K = 1$ , los salarios son proporcionales a la producción. Son los que hemos visto en el párrafo anterior.

Si  $K > 1$ , los salarios son proporcionalmente mayores que la producción.

Si  $K < 1$ , los salarios son proporcionalmente menores que la producción.

Los salarios proporcionalmente menores que la producción se utilizan cuando no pueden fijarse tiempos tipo con las debidas garantías, ya sea porque es imposible calcularlos con la debida exactitud y garantía (reparaciones, nuevos trabajos, etcétera) o porque sufren modificaciones importantes algunos de los factores determinantes del trabajo (calidad de los materiales, etcétera), o bien porque los operadores no conocen el trabajo.

Las dos modalidades de salarios de esta clase más utilizados son:

- El sistema Halsey.
- El sistema Rowan.

### a. Sistema Halsey

En este sistema el operador percibe una prima proporcionalmente menor que el tiempo ahorrado. Es decir, que se hace el factor  $K$  de la expresión (2) igual a una fracción de la unidad.

$$K = \frac{1}{m}, \text{ donde } m \text{ es un número entero, generalmente } 2, 3 \text{ o } 4$$

y es el valor de  $m$  el que caracteriza el sistema.

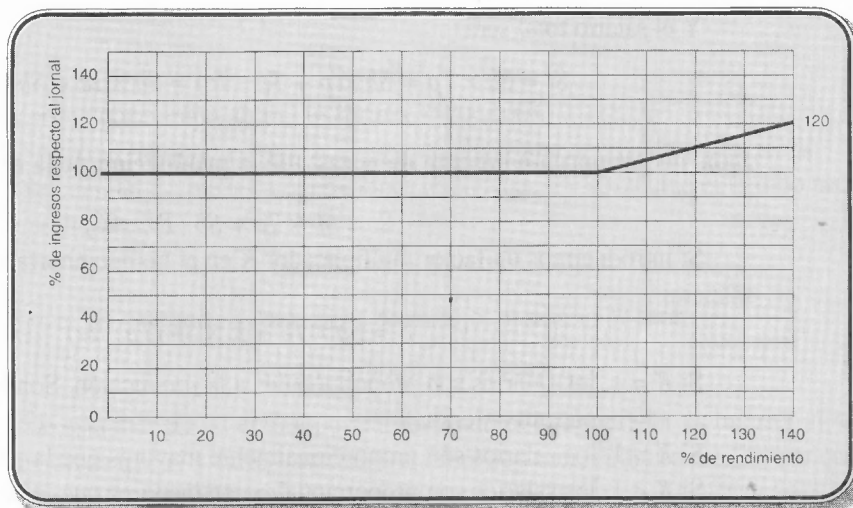
Así, por ejemplo, si  $m = 2$ , el sistema Halsey 1/2 o bien Halsey 50-50, porque 50% del ahorro de tiempo es para el operador y el otro 50% para la empresa (figura 19.6).

### b. Sistema Rowan

En este sistema,  $K$  tiene un valor igual a la relación entre el tiempo empleado  $T_e$  y el tiempo tipo asignado  $T_p$ .

$$K = \frac{T_e}{T_p}$$

En este caso, la expresión (2) se convierte en:



**Figura 19.6**  
Salarios proporcionalmente menores que la producción, sistema Halsey.

$$St = Sb \times Te + \frac{Te}{Tp} \times Sb(Tp - Te) = Sb \times Te + Se \times Te \left( \frac{Tp - Te}{Tp} \right) \quad (3)$$

Es decir, que la prima es proporcional a la relación entre el tiempo ahorrado  $Tp - Te$ , y el tiempo asignado  $Tp$ .

Así, por ejemplo, si se ha economizado 30% del tiempo concedido  $Tp$ , o sea,

$$Tp - Te = \frac{30 \times Tp}{100}$$

Sustituimos en (3)

$$S = Sb \times Te + Sb \times Te \left( \frac{30 \times \frac{Tp}{100}}{Tp} \right) = Sb \times Te + Sb \times Te \left( \frac{30}{100} \right)$$

Es decir, que la prima obtenida es igual a 30% del salario base.

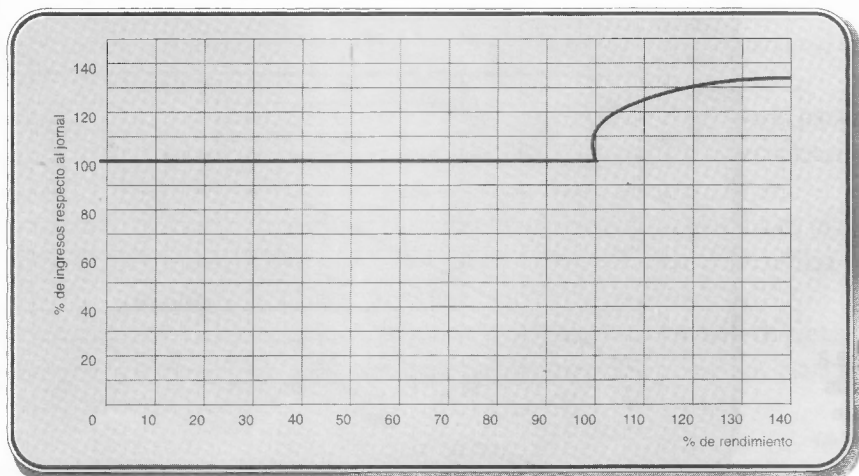
Si la economía de tiempo es de 100% del tiempo concedido  $Tp$ , resulta

$$Tp - Te = \frac{100 \times Tp}{100} = Tp,$$

por lo cual  $Te = 0$ , lo que equivale a decir que el trabajo se ha hecho instantáneamente. En este caso el salario total se hallaría sustituyendo  $Tp - Te$  en (3) por su valor  $Tp$ .

$$St = Sb \times Te + Sb \times Te \left( \frac{Tp}{Tp} \right) = Sb \times Te + Sb \times Te$$

Es decir, que la prima sería igual al salario base. Éste es el máximo salario total teórico, imposible de alcanzar, como es natural (figura 19.7).



**Figura 19.7**  
Salarios  
proporcionalmente  
menores que la  
producción,  
sistema Rowan.

### Salarios proporcionalmente mayores que la producción. Salario 140-150

Como hemos visto antes, si en la expresión (2), se hace  $K > 1$ , los salarios resultan proporcionalmente mayores que la producción.

El más conocido de esta clase de salarios es el de Taylor, aunque actualmente se emplea poco.

#### Sistema Taylor

Se divide en dos tarifas, una proporcional a la producción, y otra de 30% a 50% más elevada, a partir de un rendimiento determinado.

Si  $P_0$  es la tarifa baja:

$P_1$  = la tarifa alta (generalmente  $P_1 = 1.3 P_0$ ).

$N_0$  = el número mínimo de operaciones o piezas fijado para aplicar la tarifa alta.

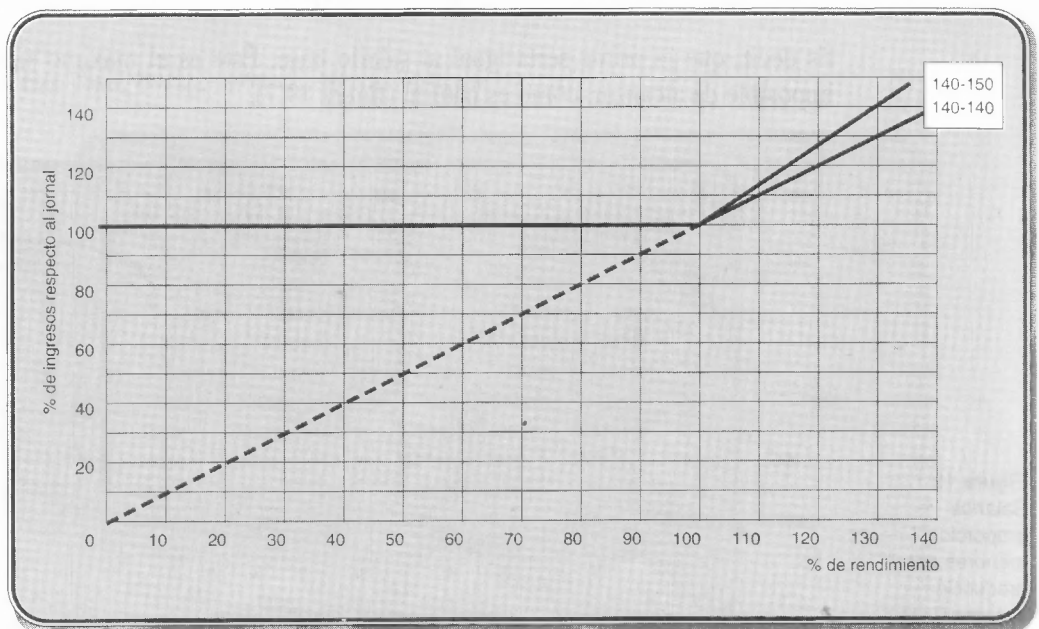
$N$  = el número de piezas u operaciones realizadas.

Los salarios Taylor serán:

Si  $n < N_0$ ;  $S = (n)(P_0)$

Si  $n > N_0$ ;  $S = (n)(P_0)$

Con este sistema los trabajadores eficientes obtienen ingresos elevados y se sienten atraídos y ligados a la empresa. En cambio, los medianos, al no conseguir la tarifa alta se desmoralizan y se marchan; de este molde se logra una autoselección del personal más capacitado.



**Figura 19.8**  
Salarios de porcentaje variable 140-150.

Ejemplo:

Para la producción normal (100%) o inferior, salario base.

Para producciones óptimas (140%), 150% del salario base.

Para producciones intermedias, el que le corresponda proporcionalmente al rendimiento

obtenido por  $\frac{150}{140}$ .

Si tenemos 120% de producción, el salario sería:

$$St = 120\% \times \frac{150}{140} = 130\% \text{ del salario base, como se aprecia en la figura 19.8.}$$

## SALARIOS CON INCENTIVOS RELACIONADOS CON OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN

Los salarios relacionados son los siguientes:

- Salarios que varían con la calidad de la producción.
- Salarios que varían con las desviaciones de índices de eficiencia.
- Salarios con primas especiales.
- Salarios con primas colectivas.
- Salarios con prima única para toda la empresa.

### *1 Salarios que varían con la calidad de la producción*

A fin de evitar que el aumento de la cantidad de producción sea a costa de su calidad, se utilizan sistemas de salarios para cuyo cálculo sólo se tiene en cuenta el número de piezas aceptadas, o cuyas primas varían en relación con el número de piezas defectuosas.

Se emplea el siguiente enfoque

- Sólo se tienen en cuenta las piezas aceptadas. Este sistema se emplea cuando el costo de los materiales es bajo y el de la mano de obra alto.
- Se considera como tiempo de trabajo, además del empleado  $T_e$ , el necesario para reparar las piezas defectuosas. Este sistema se emplea para los trabajos de mecanización o de montaje.
- Se considera como tiempo de trabajo el tiempo estándar más el que resulta de multiplicar el número de piezas defectuosas por un porcentaje del mismo tiempo. Se utiliza este sistema cuando se producen piezas que necesitan muchas horas de trabajo.
- Se conceden premios de cantidad inversamente proporcional al número de piezas defectuosas, o por la buena conservación del material. Se emplea este sistema cuando se trabajan materiales de alta calidad.

Un ejemplo de este último sistema puede verse en la tabla 19.2.

Tabla 19.2 Primas que varían con la calidad.

| % DE<br>DESECHOS | RENDIMIENTO | 100 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140            |
|------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|
|                  | A           | A   | A   | A   | A   | A   | A   | A   | EN<br>ADELANTE |
|                  |             | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 |                |
| 0 a 1            |             | 22  | 25  | 31  | 36  | 40  | 43  | 45  | 45             |
| 1 a 1.5          |             | 17  | 20  | 26  | 31  | 35  | 38  | 40  | 40             |
| 1.5 a 2          |             | 12  | 15  | 21  | 26  | 30  | 33  | 35  | 35             |
| 2 a 3            |             | 7   | 10  | 16  | 21  | 25  | 28  | 30  | 30             |
| 3 a 4            |             | 4   | 7   | 13  | 18  | 22  | 25  | 27  | 27             |
| Más de 4         |             | 2   | 5   | 11  | 16  | 20  | 23  | 25  | 25             |

Si un operador alcanza un rendimiento de 122% con un porcentaje de piezas rechazadas por defectos de 1.6% cobrará 26% de prima, o sea, un salario de 126% del base.

## *II Salarios que varían con las desviaciones de índices de eficiencia*

Cuando no es posible valorar directamente el rendimiento del personal se pueden establecer sistemas de primas, que varían de acuerdo con índices de eficiencia de los que son directamente responsables los operadores.

Mejorar las previsiones en más de 5% indicará que están mal hechos los presupuestos, por lo cual la tabla debe ser revisada.

## *III Salarios con primas especiales*

Además de los incentivos establecidos en función de los trabajos normales, se suelen establecer primas especiales para trabajos extraordinarios o para estimular aún más el espíritu de trabajo del personal.

Ejemplo:

- Primas por trabajos extraordinarios.
- Primas por competencias.
- Premios por sugerencias.
- Reconocimientos no monetarios.

Tabla 19.3 Ejemplo de primas relacionadas con desviaciones de los índices de eficiencia.

|                 |    |    |   |   |   |    |    |    |               |
|-----------------|----|----|---|---|---|----|----|----|---------------|
| % de desviación | 10 | 8  | 6 | 4 | 2 | 0  | -2 | -4 | Inferior a -4 |
| % de prima      | -8 | -4 | 0 | 4 | 8 | 12 | 15 | 16 | 16            |



#### ***IV Salarios con primas colectivas***

Cuando no se puede hacer el cálculo individual de los incentivos, se establecen primas colectivas a todo el equipo, considerándolo como una unidad de producción.

#### ***V Salarios con prima única para toda la empresa***

Con este sistema, los salarios que reciben los operadores de la empresa son proporcionales al índice que refleja la marcha de ésta, y que puede ser alguno de los siguientes:

- a) El de los beneficios.
- b) El de las ventas.
- c) El del valor añadido.

### **CÓMO SE ESTABLECE UN SISTEMA DE SALARIOS CON INCENTIVOS**

Preparar y establecer un sistema de incentivos es una tarea muy delicada y de gran responsabilidad que debe estar presidida por la más escrupulosa equidad. Para que el sistema tenga éxito y no haya reclamaciones se aconseja observar tres normas:

#### **1. Inspirar interés y confianza a los trabajadores**

Hay que despertar el interés y ganar la confianza del personal por el sistema:

- Hablándoles con franqueza del sistema.
- Garantizándoles que se ha establecido el sistema con arreglo a la más estricta justicia.
- Asegurándoles que se escucharán y se resolverán las dudas y observaciones.
- Se escucharán las sugerencias y en caso de no aceptarlas se expondrán las razones, que deberán ser convincentes.

#### **2. Pagar siempre lo prometido**

Sea cual fuese la cantidad de las primas y los errores iniciales que en el planteamiento del sistema se hayan cometido, se pagarán siempre las primas que resulten. Posteriormente puede corregirse el sistema, pero mientras no se aprueben las correcciones tendrá plena validez el utilizado hasta entonces y deberá ser aplicado y cumplido por la empresa.

#### **3. No modificar el sistema, si no es absolutamente necesario**

El cambio de un sistema y, aún más, la modificación de los tiempos estándar establecidos, despierta recelos que pueden degenerar en situaciones conflictivas.

Hay, sin embargo, otros motivos, además de los errores de los tiempos estándar, que pueden obligar a modificar los tiempos estipulados, como son:

- Cuando se cambia la calidad de material que se trabaja, que puede hacer cortos los tiempos dependiendo de la dureza del material.
- Cuando se cambian las máquinas y/o herramientas utilizadas por otras de mayor rendimiento.
- Cuando se mejora el método.
- Cuando se demuestra que ha habido errores de cálculo.

Con lo antes expuesto se dio una breve reseña de los sistemas existentes para controlar el pago de incentivos y salarios.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Cerna Lazo, Dr. *Ingeniería de Seguridad*, Porrúa, México, 1980.

Fernández Ruiz, Silvestre, *Prestaciones del IMSS*, Trillas, México, 1990.

Galván, A. Enrique, *Apuntes de Seguridad Industrial*, Fac. de Ing. UNAM, México, 1980.

Herrero Hermanos, *Seguridad Industrial, serie A, B, C, D, E*, 2a. ed., México, 1975.

H. W. Heinrich, *Prevención de Accidentes Industriales*, Limusa, México, 1980.

Lasheras, José María, *Tecnología de la Organización Industrial*, vol. 1, Cedel, 3a. ed., México-Barcelona, 1985.

## BIBLIOGRAFÍA GENERAL

---

- Alford, L. P. y Bangs, John R., *Manual de la producción*, Hispanoamericana, 2a. ed., México, 1969.
- Antis, William y Honeycutt, John M. Jr., *Movimientos básicos del MTM*, Herrero Hermanos, México, 1973.
- Barnes M., Ralph, *Estudio de tiempos y movimientos*, Aguilar, 3a. ed., Madrid, 1961.
- Cerna Laza, *Ingeniería de seguridad*, Porrúa, México, 1980.
- Chruden/Sherman, *Administración de personal*, CECSA, México, 1982.
- Fernández Ruiz, Silvestre, *Prestaciones del IMSS*, Trillas, México, 1990.
- Heyde C. C., *Workability with Modapst*, Apptsar, Sydney, 1966.
- \_\_\_\_\_, *Control with Modapst*, Apptsar, Sydney, 1966.
- H. W., Heinrich, *Prevención de accidentes industriales*, Limusa, México, 1980.
- Krick, E. V., *Ingeniería de métodos*, Limusa, México, 1977.
- Lasheras E., José Ma., *Tecnología de la organización industrial*, Cedel, vols. I y II, 3a. ed., México, 1969.
- Mateos Cardiel, *Tiempos y tareas*, Limusa, México, 1974.
- Maynard, H. B., *Manual de ingeniería de la producción industrial*, Reverté, México, 1960.
- Niebel, Benjamín, *Ingeniería industrial; métodos, tiempos y movimientos*, Alfaomega, México, 1990.
- Oficina Internacional del Trabajo, *Introducción al Estudio del Trabajo*, 3a. ed., Ginebra, Suiza, 1977.
- Reyes Ponce, Agustín, *Administración de empresas, teoría y técnica*, 1a. y 2a. partes, Limusa, México, 1980.
- Sánchez Mejía, Carlos, *Apuntes de estudio del trabajo*, UNAM, México, 1989.
- Shrubsall D.C.H., *Transit Modapts (U.K.)*, Management Services, mayo, 1976.
- Treviño Uribe, Jaime, *Ingeniería de Métodos*, ITESM, México, 1980.

# Cuestionario conceptual

## CAPÍTULO 1

1. Defina ingeniería de métodos y estudio de tiempos.
2. ¿Qué objetivos persiguen cada una de estas disciplinas?
3. Exponga la evolución histórica de la ingeniería de métodos.
4. Explique sucintamente las aportaciones de Gilbreth, Taylor y Fayol.
5. Exponga las diversas formas jurídicas que pueden adoptar las empresas.
6. ¿Cuál es el área de actividad de la ingeniería de métodos?
7. Defina medida de trabajo.
8. ¿Cómo se divide el sector industrial mexicano?
9. Señale la características principales de las micro, medianas y grandes empresas.

## CAPÍTULO 2

1. Explique qué es la productividad.
2. Mencione tres formas para incrementar la productividad.
3. ¿Cuáles son los factores que restringen la productividad? Explíquelos detalladamente.
4. Exponga los más importantes criterios para analizar la productividad.
5. Explique el proceso de descomposición del tiempo de fabricación.
6. Defina eficacia.
7. Defina eficiencia.

## CAPÍTULO 3

1. Defina condiciones de trabajo.
2. Enumere los factores que determinan las condiciones de trabajo.
3. ¿Cómo afecta la iluminación la actividad de los operadores?

4. Exponga el papel de la ventilación, la calefacción y la refrigeración en la productividad laboral.
5. ¿Qué efectos ejerce el ruido sobre la eficiencia de los operadores?

## **CAPÍTULO 4**

1. Defina y explique las técnicas de estudio de métodos.
2. ¿Qué es la simplificación del trabajo?
3. ¿Cuáles son los requisitos para simplificarlo?
4. Explique cómo se selecciona una actividad para aplicar el estudio de métodos.
5. ¿Cómo se diseñan los formatos para realizar el examen crítico?
6. ¿Cuáles son los objetivos del estudio de métodos?
7. Explique el procedimiento en el cual se basa el estudio de métodos.

## **CAPÍTULO 5**

1. Defina qué es un diagrama de proceso.
2. Enumere las acciones que tienen lugar durante un proceso de trabajo.
3. Defina qué es un diagrama de proceso de flujo y señale sus objetivos.
4. Señale los requisitos previos a la construcción de un diagrama de flujo.
5. Señale las principales características y utilidades de los diferentes diagramas.
6. Señale los símbolos que se deben emplear en los diversos diagramas.
7. ¿Qué objetivos se persiguen cuando se analiza una operación?
8. ¿Qué es un diagrama de proceso de grupo?
9. Explique qué es y para qué se utiliza el análisis de movimientos.
10. ¿Qué es un movimiento básico?
11. Enumere y explique los principios de economía de movimientos.
12. Desarrolle de manera esquemática el programa de las "Nueve S".

## **CAPÍTULO 6**

1. Explique las etapas del proceso de análisis de operación
2. Señale las ventajas y limitaciones de dicho proceso.
3. Exponga las etapas de examen crítico del proceso.
4. Explique el proceso para revisar los formatos del examen crítico.
5. Describa detalladamente qué es un análisis de valía.
6. Señale las ventajas y limitaciones del mismo.
7. Explique las diversas etapas del análisis de valía.

## **CAPÍTULO 7**

1. Exponga las etapas que se deben cubrir para elaborar un informe para aplicar un nuevo método.
2. Defina y enumere los elementos integrantes de la carta de descripción del método.
3. Explique la relación entre simplificación del trabajo y relaciones humanas.
4. Enumere las principales causas de resistencia al cambio.
5. ¿Cómo se reduce la resistencia al cambio?
6. Explique qué implica normalizar, proponer, implantar y mantener un método de trabajo.
7. Defina cuáles son las formas de capacitación de los operadores.

## **CAPÍTULO 8**

1. Enumere y explique los principios para realizar una distribución de planta.
2. Explique las diversas formas de distribución de planta.
3. ¿Qué información se requiere para distribuir una planta?
4. ¿Qué son los grupos tecnológicos?
5. ¿Qué significa el vocablo *chitefol*?

## **CAPÍTULO 9**

1. Justifique la importancia de la seguridad industrial.
2. Exponga los costos y consecuencias de los accidentes de trabajo.
3. Explique el contenido y alcances de las principales disposiciones oficiales sobre seguridad industrial.
4. Describa las funciones de las comisiones mixtas.
5. Exponga las formas de trabajo de estas comisiones.
6. Señale las causas de los costos directos e indirectos de los accidentes de trabajo.
7. Explique la composición y funciones de los índices de gravedad y siniestralidad.

## **CAPÍTULO 10**

1. Defina los objetivos de la unidad de trabajo.
2. Explique cómo se aplica la medición del trabajo.
3. Enumere los objetivos de la medición del trabajo.
4. Justifique su importancia y necesidad.
5. Exponga el desarrollo histórico de la medición del trabajo.

6. Explique cómo se aplica la medición del trabajo.
7. Explique las ventajas de medir correctamente el trabajo.

## **CAPÍTULO 11**

1. Exponga las técnicas que se utilizan para medir los trabajos.
2. Explique las premisas sobre las que se basa la medición de tiempos.
3. Explique los métodos utilizados en estudios realizados con cronómetros.
4. Defina tiempo estándar.
5. ¿Cuáles son las fases de que se compone un estudio de tiempos?
6. Defina tolerancia y especificación.
7. Explique cómo se realiza la división de la operación en sus elementos constituyentes.
8. Explique cómo se utiliza la tabla Westinghouse.
9. Explique cómo se valora el ritmo de un trabajo.
10. Explique, al menos, tres métodos de calificación de tiempos de trabajo.
11. ¿Cómo se valora el estudio de tiempos?
12. Explique qué son los retrasos personales, la fatiga, los retrasos inevitables y las tolerancias adicionales.
13. Exponga la forma en que se calculan los tiempos estándar.

## **CAPÍTULO 12**

1. Defina qué es el muestreo de trabajo.
2. Señale los objetivos de la aplicación del muestreo en el análisis del trabajo.
3. Indique de qué depende la exactitud de los datos derivados del muestreo.
4. Explique cómo se determina el número de observaciones necesarias para que el estudio sea confiable.
5. Explique la metodología de un muestreo de trabajo.
6. Explique qué es y para qué se utiliza el ábaco de Alderidge.
7. Exponga cómo se emplean los diagramas de control.
8. Explique cómo se obtiene el tiempo estándar a partir de los datos del muestreo.

## **CAPÍTULO 13**

1. ¿Qué son y cómo se obtienen los datos estándar?
2. Explique la secuencia para obtener los datos estándar.

3. Exponga la secuencia de la aplicación de los datos estándar en la obtención del tiempo tipo.
4. Explique las diferencias con otras técnicas para obtener los tiempos estándar.

## **CAPÍTULO 14**

1. ¿Qué es y para qué se utiliza una fórmula de tiempo?
2. Enuncie las ventajas y limitaciones de las fórmulas de tiempo.
3. Defina elementos variables y elementos constantes.
4. Enumere los pasos preliminares para elaborar fórmulas de tiempo.
5. ¿En qué casos se debe aplicar la ecuación de la línea recta y en cuáles una forma exponencial para elaborar una fórmula de tiempo?

## **CAPÍTULO 15**

1. Defina qué son los tiempos predeterminados.
2. Enumere los principales sistemas de tiempos predeterminados.
3. Explique qué son los tiempos sintéticos de los movimientos básicos.
4. Defina el sistema MTM.
5. Enumere los ocho elementos estándar de trabajo de este sistema.
6. ¿Cómo se utilizan las tablas del MTM para determinar el tiempo estándar?
7. Explique las características de los diversos niveles de control de este sistema.
8. Exponga los tipos de movimiento que considera este sistema.
9. ¿Qué se utiliza para registrar los movimientos y asignar los tiempos a la operación analizada?
10. Enumere y explique los diversos casos de movimientos que contempla este sistema.

## **CAPÍTULO 16**

1. Defina el método MODAPTS.
2. Explique los fundamentos de este método.
3. Exponga sus ventajas y deficiencias.
4. Mencione sus principales características.
5. Identifique y defina las 21 instrucciones que aparecen en las tarjetas MODAPTS.
6. ¿Cómo se determinan los tiempos estándar cuando se aplica este método?
7. Explique el sistema de clasificación de movimientos según este método.



## **CAPÍTULO 17**

1. ¿Cuáles son las secuencias de MOST?
2. ¿Cuáles son las secuencias de mover general?
3. ¿Cuáles son las subactividades de mover general?
4. ¿Cuáles son las subactividades para la secuencia de actividades de mover controlado?
5. Describa una secuencia de utilización de herramientas para pensar.

## **CAPÍTULO 18**

1. Fundamente la necesidad de balancear las líneas de producción.
2. Exponga las técnicas que se utilizan para determinar el número de operadores que se deben de emplear en una línea de producción.
3. ¿Cómo se debe proceder para reducir al mínimo las estaciones de trabajo?
4. Explique el proceso de asignación de operadores a las estaciones de trabajo.
5. ¿Qué es y para qué se utilizan los diagramas de precedencia?

## **CAPÍTULO 19**

1. Defina salario.
2. Enumere las diversas clases de salario y exponga sus características más importantes.
3. Explique qué son los incentivos y los tipos de planes de incentivos que existen.
4. Mencione los diversos elementos que conforman la remuneración del trabajo.
5. Exponga los principales fundamentos que sustentan el éxito de un plan de incentivos.
6. Explique las consecuencias de los planes de incentivos.
7. Exponga las ventajas de los planes de incentivos.

# Índice analítico

## A

Ábaco de Alderidge, 257, 258  
Ábaco de Lifson, 206  
Accidentes de trabajo, 160  
    agentes del, 165-166  
    causas de los, 165  
    costos de los, 163, 164  
    daños causados a la empresa, 160  
    daños causados a la familia, 160  
    daños causados al país, 160  
    factores que conforman un, 165  
    frecuencia de, 168  
    previsión de, 167  
    severidad de, 168  
    tipos de, 166  
Acondicionamiento cromático en el trabajo, 29  
Acto inseguro, 167  
    factor personal inseguro, 167  
Adiestramiento de operadores, 39  
Administración científica, 8  
Agua potable en el trabajo, 24  
Alcanzar, movimiento de, 305-307  
    símbolos del, 310  
Ambiente cromático en el trabajo, 29  
Amor propio en el trabajo, 134  
Análisis de las operaciones, 69  
    formas para hacer un, 115  
        condiciones de trabajo, 118  
        herramientas, 117  
        manejo de materiales, 116  
        maquinaria, 117  
        materiales, 116  
        operadores, 118  
Análisis de los detalles del trabajo, 37  
    actitud inquisitiva en el, 38  
    preguntas para el, 37

Análisis de movimientos, 80  
    herramientas del, 80  
        análisis de movimientos básicos, 80, 83  
        diagrama bimanual de trabajo, 37, 80  
        principios de la economía de movimientos, 38, 80  
Análisis de movimientos básicos, 80, 83  
    nuevas técnicas del, 83  
Análisis de procesos, 42  
Análisis del trabajo, 113  
    objetivos del, 114  
    razones para hacer un, 113-114  
    técnicas para el, 114  
        lista de comprobación de análisis, 114  
        técnica de la actitud interrogante, 114  
Análisis de valía, 122  
    comprobación del, 126  
    especialistas en el, 125  
    objetivo del, 122  
    plan de acción del, 122-123  
    preguntas de componente y función para el, 123-124  
    presentación del, 125  
Aprendizaje, 211  
    curva de, 211  
Arreglo del área de trabajo, 87  
Artesanos, trabajo de, 34  
Aspectos humanos y psicológicos del trabajo, 39, 133

## B

Barnes, Ralph, 87

## C

Cálculo del tiempo, 289  
Calidad del aire, repercusión en el trabajo, 230  
Calificación de la actuación en el trabajo, 209, 210  
    condiciones, 210, 214

- consistencia, 210, 214
  - esfuerzo, 210, 216-217
  - exactitud en la, 212
  - habilidad, 210, 214-216
  - métodos de, 213
    - calificación objetiva, 221
    - calificación sintética, 218
    - nivelación, 213
    - valoración por tiempos predeterminados, 220
  - Campana o curva de Gauss, 251, 252, 254
  - Capacitación del trabajador, 139, 180
    - demostrar el trabajo, 139, 140
    - instrucción verbal, 139
    - método en la, 140
    - papel del instructor en la, 140
  - Cervantes Saavedra, Miguel, 41
  - Ciclo de estandarización de operaciones, 99
    - etapas del, 99
      - establecer la operación estándar, 99
      - mejorar la operación estándar, 99
      - respetar la operación estándar, 99
  - Ciclo de trabajo, 237
  - Clases generales de movimientos en el trabajo, 90
    - zona de trabajo normal, 90
    - zona máxima de trabajo, 90
  - Comisiones de seguridad, 162
    - integración de, 162
    - juntas de la, 163
      - libro de actas, 163
  - Compagnon, Jules, 287
  - Comunicación, 135
  - Condiciones de trabajo, 23, 191
    - factores de los cuales dependen las, 24
      - acondicionamiento cromático, 29
      - agua potable, 24
      - calefacción, 28
      - calidad del aire, 230
      - iluminación, 25, 89, 230
      - limpieza, 24
      - música ambiental en el trabajo, 31
      - orden, 24
      - ruido, 30
      - ventilación, 27
    - malas, 23
  - Contenido básico del trabajo, 16
    - elementos del, 16
  - Contenido de trabajo suplementario, 16
  - Control en la aplicación MTM, 304
    - control de proceso, 304
    - control humano, 304
    - niveles de, 304
      - alto, 305
      - bajo, 304
      - mediano, 304-305
  - Control humano, 304
  - Cooperación del personal, 133, 134
  - Correlación, 277, 278
  - Costos de los accidentes de trabajo, 163
    - costos directos, 163
    - costos indirectos, 164
  - Cronometraje, 195
  - Cronómetro, 183, 185, 195, 273
    - de vuelta a cero, 195
    - ordinario, 195
    - retrapantes o con aguja recuperadora, 195
- ## D
- Datos estándar, 273
    - secuencia para obtener, 276
  - Datos normalizados, 287
  - Derecho laboral en México, 160
  - Descartes, 143
  - Desempeño del trabajo diario, 142
  - Detalles del trabajo,
    - análisis de los, 37
    - ejecutar los, 38
    - registro de los, 37
  - Diagrama bimanual de trabajo, 37, 80
    - aplicación del, 81
    - guías para elaborar el, 81
    - observaciones acerca del, 81
    - símbolos del, 80
    - utilidad del, 80
  - Diagrama de circulación, 57 (*véase* Diagrama del proceso de recorrido)
    - elaboración de un, 57
    - símbolos del, 57
  - Diagrama de control, 260
  - Diagrama de distribución, 62
  - Diagrama definitivo del proceso mejorado, 138
  - Diagrama de flujo o circulación, 42, 53
    - actividades del, 54
    - elaboración del, 54
    - identificación del, 53
    - recomendaciones para su, 53
    - simbología del, 54-55
    - utilidad del, 53
  - Diagrama de proceso de grupo, 71
    - construcción del, 71, 73
    - utilidad del, 71
  - Diagrama de proceso hombre-máquina, 69

- construcción del, 70
  - igualdades en el, 70
  - pasos para elaborar el, 69
  - utilidad del, 70
  - Diagrama de procesos, 41
    - acciones del, 42-43
      - actividad combinada, 43
      - almacenaje, 43
      - demora, 43
      - inspección, 43
      - operación, 42
      - transporte, 43
    - alcances del, 41-42
    - objetivo del, 41
    - símbolos del, 44
  - Diagrama del proceso de operación, 37, 45
    - acciones indicadas en el, 46
      - datos necesarios para el, 45
      - diagramado, 47
      - formulario, 46
      - objetivos del, 45
      - operaciones en el, 47
      - principio de elaboración, 46
  - Diagrama del proceso de recorrido, 56, 57, 66 (véase Diagrama de circulación)
  - Diagramas hombre-máquina y de proceso de cuadrillas, 37
  - Dirección, 13
    - su papel en la productividad, 13, 23
  - Diseñador de herramientas, 96
  - Diseño de herramientas y equipo, 89, 90
  - Diseño de los productos, 188
    - formas de mejorar el, 188-189
    - tolerancias y especificaciones del, 189
  - Diseño de útiles y herramientas, 114
  - Diseño del área de trabajo, 170
  - Diseño del trabajo, 2
    - costos del, 2
  - objetivo del, 2
  - Dispositivos, 95
    - clasificación de los, 95
    - consideraciones de los, 96
      - de seguridad, 96
      - económicas, 96, 97
      - funcionales, 96
    - primeros, 95
    - uso de, 95
  - Distancia como variable, 309
  - Distribución de planta, 143
    - estudio de la, 144
    - fundamentos, 143
    - objetivos, 144
    - principios de la, 144-145
    - tipos de, 145
      - distribución de posición fija, 145
      - distribución de proceso, 145
      - distribución por producto, 146
      - grupos tecnológicos, 146
  - Documentación del método de trabajo, 114
  - Drucker, Peter, 33, 273
- ## E
- Economía de movimientos, 38, 80, 87
    - clases de, 90
    - hoja para verificar la, 90, 93
    - principios de la, 87
      - aplicación y uso del cuerpo humano, 87
      - arreglo del área de trabajo, 87
      - diseño de herramientas y equipo, 90
      - solución de problemas de, 94-95
  - Eficacia, 19
  - Eficiencia, 19, 181
  - Elemento de trabajo, 237
  - Elementos de la operación, 192
    - contingentes, 241
    - del ciclo de trabajo, 192
      - casuales o irregulares, 193
      - elementos extraños, 194
      - regulares o repetitivos, 193
      - selección de los, 192
    - en relación con el ejecutante, 194
      - elementos de máquina, 194
      - elementos manuales, 194
    - en relación con el tiempo, 194
      - elementos constantes, 194
      - elementos variables, 194
  - Empresa, 4
    - clasificación de la, 4
      - según su constitución jurídica, 4-5
      - según su estructura político-económica, 5
      - según su magnitud, 5
      - según su producción, 5
    - concepto de, 4
    - objetivos de la, 4
      - económicos, 4
      - humanos y sociales, 4
      - técnicos, 4
    - tamaños de la, 7
      - grandes, 7
      - microempresa, 7
      - pequeña y mediana, 7, 122

- Empresa, constitución jurídica de la, 4-5
    - empresas colectivas, 4
      - sociedad comanditaria, 4
      - sociedad regular colectiva, 4
    - empresas individuales, 4
    - sociedades anónimas, 4
    - sociedades limitadas, 5
  - Empresa, estructura político-económica, 5
    - empresas de interés público, 5
    - empresas estatales, 5
    - empresas mixtas, 5
    - empresas privadas, 5
  - Empresa industrial, 2
    - en la Edad Media, 2
    - evolución de la, 2
    - orígenes de la, 2
  - Empresa, magnitud de la, 5
    - artesanales, 5
    - grandes, 5
    - medianas, 5
    - pequeñas, 5
  - Empresa, producción de la, 5
    - empresas extractivas, 5
    - empresas básicas, 5
    - empresas productoras de servicios, 5
    - empresas transformadoras, 5
      - productoras de bienes de consumo, 5
      - productoras de bienes de equipo, 5
  - Empresario, 4
  - Empresas colectivas, 4
    - sociedad comanditaria, 4
    - sociedad regular colectiva, 4
  - Empresas individuales, 4
  - Enfoque ocular, 328
  - Ergonomía, 170
    - beneficios de la, 175
  - Esfuerzo, 210, 213, 216-217
    - físico, 232
    - mental, 231
  - Estaciones de trabajo, 416, 417
    - asignación de elementos a las, 419
  - Estandarización de operaciones, 98
    - etapas del ciclo de, 99
    - hoja de trabajo en la, 98
    - su relación con otras actividades, 99
      - programa de las nueve S, 99, 100
    - surgimiento de la, 98
  - Estudio cronométrico de tiempos, 301
  - Estudio del trabajo en las empresas, 2
  - Estudio de métodos de trabajo, 33
    - exigencias del, 38
    - objetivos del, 35
    - pasos del, 36
  - Estudio de muestreo de trabajo,
    - aplicación del, 250
    - desventajas del, 250
    - metodología del, 251
    - niveles de confianza en el, 254
    - número de observaciones para el, 253, 258
    - por atributos, 251
    - ventajas del, 250
  - Estudio de tiempos, 185
    - con cronómetro, 185
    - ejecución del, 187
    - fases del, 185-186
    - preparación del, 186
      - actitud frente al trabajador, 186
      - análisis de comprobación, métodos del trabajo, 186
      - selección de la operación, 186
      - selección del trabajador, 186
    - suplementos del, 224, 225
    - valoración del, 223
    - valoración del ritmo de trabajo en el, 209
  - Estudio de una distribución de planta, 144, 149
    - distribuciones parciales en el, 150
      - distribución en línea, 150
    - factores del, 149-150
    - planteamiento del, 149
    - procedimiento del, 149
  - Estudio sistemático del producto, 187
  - Evaluación técnica, 122 (*véase* Análisis de valía)
- ## F
- Fabricación continua (en línea), 146, 147, 413
  - Fabricación en serie, 2
  - Fabricación masiva, 2
  - Fabricación, tiempo de, 16
  - Fatiga, 226
    - factores que producen la, 226, 227
    - método para investigar directamente la, 233
    - suplementos por, 226, 227, 230-236
      - métodos para calcular los, 226-233
  - Fórmulas de tiempo, 287
    - desventajas de las, 288
    - elemento constante en las, 288
    - elemento variable, 288
    - pasos para elaborar, 289
    - ventajas de las, 288
- ## G
- General Electric, 125

Gestión rectora de la empresa, 14  
 Gilbreth, Frank B., 83  
 Girar como movimiento manual, 315  
   símbolos de, 317  
   variables de, 316  
 Giroscopio, 135  
 Grandes empresas, 7  
 Grupos tecnológicos, 147

## H

Habilidad, 213, 214-216  
   calificación de la, 213  
 Heinrich, H. W., 164  
 Herramientas, 393  
   colocar las, 397, 398  
   definición de los parámetros, 393, 394  
   ejemplos de utilización de, 399, 400, 401, 403-406  
   especiales, 396  
   manuales de potencia, 396  
 Higiene en el trabajo, 160  
 Hoja de trabajo, 98, 100-101  
   componentes de la, 100-101  
   descripción de la operación de, 101  
   identificación de, 100  
   otros controles y responsables, 101  
 Horas hombre, 15, 19  
 Horas máquina, 15, 19  
 Huxley, Tomas, 23

## I

Iluminación, sus efectos en el trabajo, 25  
 Incentivos en el salario, 439  
 Incremento de la productividad, 10, 33  
   beneficios del, 12  
   importancia del, 18  
   papel de la dirección en el, 13  
   relación producto insumo en el, 10  
   temores del, 12-13  
   responsabilidades ante el, 13  
 Indicadores parciales de la productividad, 18  
   productividad del capital, 18  
   productividad del trabajo laboral, 18  
 Industria en México, 5  
   análisis de la, 5  
   estratos de la, 5, 6  
   industria básica, 5, 6  
   industria semibásica, 5, 6  
   industria de consumo final, 5, 6  
 Industrialización, 5

Informe, preparación de un, 132  
 Ingeniería de métodos, 1  
   áreas básicas de la, 8  
   medida del trabajo, 8  
   simplificación del trabajo, 8  
 Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), 164, 170  
 Instrucción en el trabajo, 113, 139  
 Instrucción verbal, 139  
 Intensidad de la luz en el trabajo, 230  
 Investigación de accidentes, 162  
   etapas de la, 162  
   investigación intermedia, 162  
   investigación oficial, 163  
   investigación preliminar, 162

## J

Jornada laboral, porcentaje de la, 262  
 Juntas de la comisión de seguridad, 163

## L

Lenguaje, 41  
 Ley Federal del Trabajo, 160  
 Limpieza en el trabajo, 24  
 Línea recta, ecuación de la, 278  
 Lombarda, Vince, 353

## M

Mandino, O. G., 131  
 Manual de operación de instructivos (M.O.), 132  
 Manufactura, proceso de, 190  
 Máquina de vapor, 2  
 Máquina, ocio de la, 71  
 Máquina, trabajo de, 389  
 Maquinaria, 148, 149  
   distribución de, 192  
 Máquinas herramientas, 281  
   problemas referentes a, 281  
 Martín, Rocco, 413  
 Materiales y herramientas de trabajo, 89, 189  
   análisis de, 116-117, 190  
   manejo de, 191  
 Medición de la productividad, 10, 18  
   indicadores parciales de la productividad, 18  
   productividad total de los factores (PTF), 18  
 Medición del tiempo, 195  
   equipo de trabajo para la, 197  
   hoja de observaciones, 197  
   tabla para el estudio de tiempos, 197

- método continuo de lectura de reloj, 196
- método de lectura con retroceso a cero, 196
- Medición del trabajo, 177, 179, 368
  - como factor de eficiencia, 181
  - importancia de la, 178
  - objetivos de la, 178
  - premisas de la, 184
  - secuencias de actividad para la, 368
  - técnicas de la, 184
- Mejorar el trabajo, 36
  - desde el punto de vista económico, 36
  - desde el punto de vista funcional, 36
  - desde el punto de vista humano, 36
  - registro de los detalles para, 37
- Método de trabajo,
  - aspectos humanos y psicológicos del, 39
  - cambiar el, 34
  - normalización del, 137-138, 186
  - nuevo, 38
    - acciones para un, 38
    - implementación de un, 131-132
    - los operadores en el, 39
  - perfeccionamiento del, 114
- Método manual de producción, 34, 95
- Método mejorado del trabajo, 138
  - desarrollo del, 138
  - diagrama definitivo del, 138
  - implantación del, 139
  - mantenimiento del, 139
- Microempresa, 7
- Midvale Steel Company, 3
- Miedo a la crítica en el trabajo, 35
- MODAPTS, sistema, 354
  - actividades del, 355
  - clases de movimiento del, 355-357
  - clases terminales en el, 358-360
  - formato y ejemplos del, 362
  - fundamentos, 354
  - limitaciones del, 361
  - módulos del, 354-355
  - ventajas del, 360, 361
- Modelo de secuencia, 372
- Monotonía en el trabajo, 231, 232
  - física, 231
  - mental, 231
- MOST, técnica, 367
  - concepto de, 368
  - secuencia básica de la, 368, 369
  - unidades de tiempo en la, 371
- Mover controlado, secuencia de, 369, 381
  - definición de parámetros, 383
  - ejemplos de, 390
  - fases del modelo de, 383, 384
  - modelo de la, 383
  - subactividades, 384
    - alineación, 387-389
    - movimiento controlado, 384
    - movimientos del pie, 386
    - tiempo de proceso, 387
    - voltear, 386
- Mover general, secuencia de, 371
  - ejemplos de, 382
  - fases de la, 372
  - parámetros de, 372, 373
  - subactividades de, 373
    - colocar, 379, 380
    - distancia de acción, 373
    - movimiento del cuerpo, 374
    - obtener control, 377, 378
- Movimiento manual, 305, 311
  - aplicar presión, 317
  - coger, 318-320
  - de alcanzar, 305-307
  - de manivela, 325, 326
  - de martilleo, 314
  - desmontar, 324
  - posicionar, 321
  - símbolos de, 313
  - simetría en el, 322
  - soltar, 321
  - tipos de, 312, 313
- Movimientos básicos de Gilbreth, 89
- Movimientos del cuerpo humano, 303, 332
  - agacharse, 333
  - arrodillarse, 333
  - combinados, 334
  - movimiento de piernas, 332
  - simultáneos, 334
- MTM, sistema, 302
  - control en el, 304
  - definición de, 302
  - elementos del, 303
  - generalidades del, 303
  - movimientos básicos del, 303
  - registro de, 303
  - tabla de datos del, 303
  - usos del, 335
- Muestreo del trabajo, 249-251
  - aplicación del, 250
  - desventajas del, 250
  - hoja de observaciones del, 264, 265
  - metodología del, 251

por atributos, 251  
 ventajas del, 250

Música ambiental en el trabajo, 31

## N

Nacional Vulcanized Fibra Co., 125

Nivel de vida y el aumento de la productividad, 12

Niveles salariales, 428

Normalización de los métodos de trabajo, 137-138, 186

Nuevo método de trabajo, 38, 131

acciones para desarrollar un, 38

carta de descripción del, 132

consideraciones al aplicar un, 133

etapas del, 131-132

implementación de un, 131

mantener el, 137

normalización del, 137

revisión del, 133

Nuevos métodos de producción, 34

## O

Obreros, 2

primeras leyes para proteger a los, 2

Observaciones, para establecer estándares de trabajo, 263

al azar, 263, 271

regulares, 263

Obtención de datos de tiempo estándar, 274

elemento constante, 274

elemento variable, 274

Operación, 69

elementos de la, 69, 242

el hombre, 69

el lugar de trabajo, 69

la máquina, 69

las herramientas, 69

estudio de la, 188

innecesaria, 188

preparación, 242

puesta a punto, 243

retiro, 243

Operaciones de máquina, 389

Operadores, 2

determinación del número de, 414

en el nuevo método de trabajo, 39

normal, 209

Orden en el trabajo, 24

Organización Internacional del Trabajo, 229

Ortega y Gasset, José, 9

## P

Pequeña y mediana empresa, 7

Perfeccionamiento de métodos, 132

Periodo de amortización del capital, 97, 98

Plantillas, uso en el trabajo, 95

Previsión de accidentes, 167-168

Primas, 440, 441

Proceso de fabricación, análisis del, 50

Programa de las nueve S, 99, 100

hojas de trabajo del, 100-101

descripción de la operación de, 101

identificación de, 100

otros controles y responsables, 101

Producción industrial,

explosión de la, 3

nuevos métodos de, 34

salarios de la, 434, 435, 439, 440

Productividad,

aumentar los índices de la, 10

beneficios de, 12

importancia de, 18

relación producto insumo al, 10

temores de, 12-13

concepto de, 9

criterios para analizar la, 11

las "M" mágicas, 11-12

factores restrictivos de la, 10

indicadores de la, 10, 18

medición de la, 10, 18

naturaleza de la, 15

noción del tiempo en la, 15

papel de la dirección, 13

Productividad de los materiales, 14

Productividad del trabajo, 1

aumentar la, 1, 2

Productividad total de los factores (PTF), 18

Progreso técnico, 3

Proletariado, 3

Puestos de trabajo, distribución de, 154, 155

## R

Reducción de los costos, 122

Registro del proceso de fabricación, 37, 42

diagramas para el, 37

Registro de las operaciones de los trabajadores, 37

diagramas para el, 37

Registro de las relaciones hombre-máquina, 37

diagramas para el, 37



Registro de los detalles, 37  
 para mejorar el trabajo, 37  
 por observación directa, 37  
 Relaciones humanas, 133-134  
 capacidad para las, 134  
 principios básicos de las, 134  
 Remuneración del trabajo, 427  
 Resistencia al cambio en el trabajo, 35, 135  
 causas de la, 135-136  
 disminución de la, 136  
 Revisión de salarios, 428  
 Riqueza marginal, 12  
 Ritmo de trabajo, valoración del, 209  
 Ruido en el trabajo, 29-30

## S

Salarios o sueldos, 427  
 categoría de, 431  
 tarifas simples, 431, 432  
 tarifas superpuestas, 431, 432  
 clases de, 429  
 con incentivos, 433, 434  
 con primas, 440, 441  
 escalonados, 431  
 incentivos en los, 439  
 justo, 428  
 mayores a la producción, 438  
 sistema Taylor, 438  
 menores a la producción, 435  
 sistema Halsey, 436  
 sistema Rowan, 436, 437  
 moderno, 428  
 por jerarquización, 430  
 por la valoración del puesto, 430  
 proporcionales a la producción, 434  
 relación con el nivel de vida y la posición social, 428  
 simples, 429  
 Secuencia de MOST, 368  
 alineación, 369  
 modelo de la, 370  
 mover controlado, 369, 381  
 mover general, 369, 370, 371  
 tiempo de proceso, 369  
 utilización de herramientas, 370, 391, 392  
 Seguridad industrial, 159  
 comisiones de, 161  
 requisitos de las, 162  
 fundamento legal de la, 160  
 reglamentos sobre, 161

Séneca, 159  
 Símbolos, 41  
 Simplificación del trabajo, 8, 34, 42, 133, 179  
 características de la, 35  
 diagramas en los que se apoya la, 42  
 diagrama de flujo o circulación, 42  
 diagrama de procesos, 41-42  
 requisitos para la, 34-35  
 interrogación en la, 34  
 miedo a la crítica, 35  
 resistencia al cambio, 35  
 Sistema de producción en línea, 148, 192, 413, 414  
 Sistema MODAPTS, 354  
 actividades del, 355  
 clases de movimiento del, 355-357  
 clases terminales en el, 358-360  
 formato y ejemplos del, 362  
 fundamentos, 354  
 limitaciones del, 361  
 módulos del, 354-355  
 ventajas del, 360, 361  
 Sistema MTM, 302  
 control en el, 304  
 definición del, 302  
 elementos del, 303  
 generalidades del, 303  
 movimientos básicos del, 303  
 registro del, 303  
 tabla de datos del, 303  
 usos del, 335  
 Sociedad, 3  
 anónima, creación de, 3  
 comanditaria, 4  
 regular colectiva, 4  
 Solución de problemas, recomendaciones para la, 136  
 Stanley, B. A., 113  
 Supervisión, 135, 175, 180  
 Suplementos, 225  
 del estudio de tiempos, 224, 225  
 asignables al trabajador, 224  
 asignables al trabajo estudiado, 224  
 no asignables al método ni al trabajador, 225  
 por retrasos por fatiga, 226  
 valor de los, 225  
 T  
 Tabla de Westinghouse, 208, 244, 247  
 Taylor, Frederick W., 3, 178  
 medición del trabajo, 178  
 métodos de administración de, 3



28102

# Estudio del trabajo

Ingeniería de métodos y medición del trabajo

segunda edición

En la actualidad la sociedad industrial requiere personas que dominen conceptos básicos, como la especialización de la mano de obra y la estandarización y el intercambio de procesos y ensamblado. Asimismo, si se desea contar con alternativas para ganar en este mundo altamente competitivo, es necesario conocer los métodos que proporcionan un mejoramiento comprobado de la productividad de compañías de manufactura, de proceso y de servicio.

Con el fin de satisfacer las inquietudes de conocimiento sobre estos temas, contamos con la segunda edición de la presente obra, en la cual el autor nos presenta todos esos conceptos de una forma sencilla y comprensible para todos los lectores. Entre los temas incluidos en esta nueva edición, destacan la ingeniería de métodos, el estudio de tiempos y productividad, la iluminación y el ruido en el ambiente de trabajo, diagramas de procesos, metodologías de operación, análisis de valor, distribución de la planta, higiene y seguridad industriales, además de medición, muestreo del trabajo, problemas sobre máquinas herramientas, los MODAPTS, balances de líneas de producción y remuneración del trabajo, entre otros.

La presentación de estos conceptos, a través de una distribución didáctica de capítulos que conforman la obra, permiten al estudiante comprender la secuencia necesaria entre los temas. Al final del libro se incluye un cuestionario de autoevaluación, que permitirá al lector reafirmar sus conocimientos.

GARCÍA



**McGraw-Hill  
Interamericana**

ISBN 970-10-4657-9



9 789701 046579

The McGraw-Hill Companies

Visite nuestra página WEB  
[www.mcgraw-hill-educacion.com](http://www.mcgraw-hill-educacion.com)