Diseño e integración del factor humano en el proceso productivo

Ingeniería de Métodos

El concepto de ingeniería describe fundamentalmente la aplicación de métodos analíticos, de los principios de las ciencias físicas y sociales y del proceso creativo, al problema de transformar nuestras materias primas y otros recursos en formas que satisfagan las necesidades del medio en el cual se desenvuelve.

La solución a este proceso de transformar las características de un estado a otro y su respectiva relación e interactuación es lo que se conoce con el nombre de diseño.

La función del ingeniero industrial es ocuparse principalmente de la transformación de materiales a un nuevo estado y más aplicable con respecto a forma, lugar o tiempo. Su responsabilidad se centra en diseñar el método adecuado para lograr esta transformación y en especializarse en el diseño de los medios de producción, conformado por el conjunto completo de hombres, máquinas, materiales y redes de comunicación, los cuales por medios de un diseño meticuloso e inteligente conducen al cumplimiento de los objetivos de los propietarios y del mismo diseñador.

Cualquiera que sea el producto e independiente del sector al cual pertenezca, el medio de producción es un organismo altamente complejo e integrado de muchas partes mutuamente dependientes y adaptables a los cambios del medio ambiente.

La ingeniería de métodos se ocupa de la integración del ser humano dentro del proceso de producción, de igual manera puede describirse como el diseño del proceso productivo en lo que se refiere al ser humano. La tarea consiste en decidir donde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en producto terminado y en cómo puede el hombre desempeñar efectivamente las tareas asignadas. El ingeniero de métodos, además vela por las operaciones que cubren un amplio límite de tiempos de ejecución, volúmenes, grados de mecanización, niveles de habilidad, tipos de condiciones de trabajo y grados de repetición.

Además, debido a los resultados de los avances tecnológicos y del mundo cambiante al cual nos enfrentamos hoy día; a medida que aumentan la mecanización y la automatización, la presencia del hombre es menos frecuente como una parte integral

del proceso global, las funciones que el hombre realiza sirven para tomar decisiones, registrar alteraciones, identificar problemas que requieren el máximo de habilidad, destreza, velocidad, vigilancia y de un óptimo funcionamiento, es decir, cero errores; convirtiéndose, en la parte crítica en un sistema total, de tal modo que se le debe prestar mayor atención para que su integración y utilización se realicen con la máxima efectividad.

La posición y alcance de la ingeniería de métodos es capacitar al ingeniero industrial y al director de línea a situar cada operación dentro del ámbito de su estudio de métodos para un preciso y sistemático análisis. El objetivo de la ingeniería de métodos es eliminar todo elemento u operación innecesarios y alcanzar el más rápido y mejor método para realizar aquellos elementos u operaciones que son determinados como necesarios. Centrando su función en dos aspectos:

- Diseño de métodos: Consiste en el proceso de diseñar el método de trabajo adecuado.
- 2. Medición del trabajo: Especificando el tiempo de producción esperado para el método especificado. A esta fase de la ingeniería de métodos se le conoce como estudio de tiempos o medición del trabajo, cuya finalidad productiva y el tiempo estimado resultante se le conoce como el estándar de tiempo, para la actividad en cuestión.

El diseño de métodos y la medición del trabajo están relacionados fuertemente con la función de pago de salarios, en general esta actividad es realizada en coordinación con el grupo o personal encargado del análisis y evaluación de puestos, así mismo, son los encargados de aplicar los sistemas o planes de pago de salarios (por día de trabajo, por pieza producida y de incentivo de grupo) para que funcionen de modo eficaz.



Figura 4.1 Importancia de la ingeniería de métodos en el proceso de diseño

Las metodologías de evaluación de trabajos generalmente estiman los aportes del empleado en forma de educación, experiencias aptitudes y destrezas y lo que el trabajo requiere de él desde el punto de vista del esfuerzo mental y físico además de otro factor importante a tenerse siempre presente en una evaluación objetiva del trabajo; la responsabilidad.

Otras áreas de la organización vinculadas con las funciones de métodos y estándares son: control de la producción, disponibilidad de la planta, compras, finanzas, y diseños de procesos y productos, las cuales dependen de los datos de costos y de tiempos, procedimientos de operación y otros datos informativos proveniente del departamento de ingeniería de métodos, para su optimo funcionamiento.

El término "ingeniería de métodos es utilizado para describir un conjunto de técnicas de análisis, centralizando su atención sobre la mejora de la actividad de hombres y maquinas. El objetivo de cualquier directivo que busque el éxito de la organización debe ser el aumento de la eficiencia. confiabilidad en el bien o servicio y reducción del costo por unidad, logrando una mayor producción para un mayor número de personas. Por lo tanto, las técnicas de la ingeniería de métodos no están restringidas al departamento de ingeniería industrial; siendo estas técnicas utilizadas por cualquier miembro de la organización con suficiente adiestramiento. La ingeniería de métodos no se limita a una única industria o negocio, ni tampoco a cierta área funcional importante dentro de una industria o empresa. A causa de su gran potencia, puede ser utilizada por cualquier función.

HISTORIA DE LA INGENIERÍA DE MÉTODOS

1760, M.P. Perronet (francés). A él se le atribuye el estudio de métodos más antiguo, sobre la fabricación de alfileres.

1830, Charles Babbage (inglés) también estudio la fabricación de alfileres.

La historia dice que estos estudios parecen haber sido fundamentados, en un cronometraje de proceso complejo de fabricar alfileres.

1883, Frederick W. Taylor, se le atribuye el haber realizado el primer estudio sistemático de mejora de métodos; dividió un tarea en elementos simples de trabajo y estudio cada elemento separadamente; aplico un enfoque científico para conseguir mejores métodos de trabajo; en sus escritos apareció por primera vez el término "estudio de tiempos".

Frank B. y Lillian M. Gilbreth: En la misma época de Taylor, desarrollaron un análisis más profundo sobre el estudio de tiempos y movimientos. Su atención se centró en subdividir una

tarea específica en lo que ellos miraban como elementos fundamentales del movimiento, estudiando estos elementos separadamente y en relación con otros, y entonces reconstruir la tarea con la eliminación de lo que consideraban como elemento inútil o no rentable. Esta síntesis de los elementos restantes era ordenada para dar lo que ellos consideraban como la mejor combinación y secuencia. Los Gilbreth se referían a su trabajo con el término de estudio de movimientos; mostrando desde su inicio una atracción por el ritmo y el automatismo, entrando en más detalle, algo que no había

1912, los esposos Gilbreth presentaron un perfeccionamiento de su técnica original del estudio de movimientos ante la American Society of Mechanical Engineers. Lo llamaron estudio de micro movimientos. Esencialmente, este consistía en el estudio de los elementos fundamentales con la ayuda de películas cinematográficas.

considerado Taylor.

1911, Charles E. Bedaux, en este año comienza su ensayo con la idea de medir todo el trabajo físico humano mediante una unidad común. Esta unidad, conocida como la unidad Bedaux de medida de la potencia humana, o unidad "B", consistía en una combinación de trabajo y descanso. Las proporciones entre estos dos elementos dependían de la naturaleza física del trabajo y el subsiguiente descanso requerido para compensarlo. Según variaba la tarea, la

relación de trabajo o descanso dentro de la unidad variaba, pero la unidad en si misma permanecía constante para un valor de un minuto de tiempo. Los porcentajes del valor de descanso aplicables a las diversas clases de trabajo bajo condiciones diversas se decían que estaban recogidas de estudios basados en la manipulación de pesos diferentes en posiciones diversas, usando distintos miembros del cuerpo, presentando atención a la secuencia relativa de movimientos y a la frecuencia de su repetición.

El principio de medir todos los trabajos físicos mediante un denominador común de manera que fuera posible, medir no solo lo simplemente individual, sino los rendimientos departamentales, abrió la plataforma para el control y la corporación, lo que llamo la atención fuertemente a muchos directores.

1930, Allan H. Mogensen, ingeniero industrial de la Cornell University, definió la simplificación del trabajo como la aplicación organizada del sentido común a establecer mejores y más fáciles caminos en la realización de cada tarea, eliminando los movimientos inútiles desde las minimas operaciones manuales, hasta la completa reordenación de la distribución en planta. Cada empleado era forzado a preguntarse "¿porque?" en cada actividad realizada y animado a usar su propia iniciativa para promover ahorros de tiempo, energía y material.

1930, Harold B. Maynard y Gustave J. Stegemerten, aplicaron el nombre de "ingeniería de métodos" al enfoque coordinado y sistemático de mejorar los métodos de trabajo. Maynard y Stegemerten aceptaron que el objetivo común de todos cuantos trabajaban en este campo era asegurar la máxima actividad de mano de obra. También reconocieron esto podría, ser asegurado por una combinación de técnicas de estudio del trabajo comprobadas, aplicado científicamente y no por los estudios aislados de los movimientos de los operarios, de las normas de trabajo, de la variación de los esfuerzos o de los incentivos.

Programa de Ingeniería de Métodos

Un excelente programa de ingeniería de métodos sigue un proceso ordenado que inicia con la selección del proyecto y termina con su implementación. Para desarrollar un centro de trabajo, el ingeniero de métodos debe seguir un procedimiento sistemático, el cual comprenderá las siguientes operaciones:

 Seleccionar el proyecto. Es el más importante, bien sea para diseñar un nuevo centro de trabajo o para mejorar una operación existente. Es la identificación del problema en forma clara y lógica. Se basa en tres aspectos: económico, técnico y humano.

- 2. Obtención y presentación de los datos. Reunir todos los hechos importantes relacionados con el producto o servicio. Esto incluye dibujos y especificaciones, requerimientos cuantitativos, requerimientos de distribución y proyecciones acerca de la vida prevista del producto o servicio; y registrarla en forma ordenada para su estudio y análisis. Un diagrama del desarrollo del proceso en este punto es muy útil.
- 3. Analizar datos. Utilícense los planteamientos primarios en el análisis de operaciones y los principios del estudio de movimientos para decidir sobre cuál alternativa producen el mejor servicio o producto. Y cuestionar cada detalle.
- 4. Obtener y presentar datos.
 Selecciónese el mejor procedimiento para cada operación, inspección y transporte considerando las variadas restricciones asociadas a cada alternativa.
- 5. Presentación e instalación del método. Explíquese el método propuesto en detalle a los responsables de su operación y mantenimiento y considérense todos los detalles del centro de trabajo para asegurar que el método propuesto dará los resultados anticipados.
- 6. Desarrollo de un análisis de trabajo. Efectúese un análisis de

trabajo del método implantado para asegurar que el operador u operadores están adecuadamente capacitados, seleccionados y estimulados.

- Establecimiento de estándares de tiempo. Establézcase un estándar justo y equitativo para el método implantado.
- 8. Seguimiento del método. A intervalos regulares hágase una revisión o examen del método implantado para determinar si la productividad anticipada se está cumpliendo, si los costos fueron proyectados correctamente y se pueden hacer mejoras posteriores.

El ingeniero de métodos utiliza técnicas adecuadas para realizar un mejor trabajo en menos tiempo. Dispone de una variedad de técnicas para la solución de problemas y cada una tiene explicaciones específicas.

INSTRUMENTOS DE TRABAJO PARA EL INGENIERO DE MÉTODOS

Para diseñar un nuevo centro de trabajo, o para mejorar uno ya existente, es necesario presentar en forma clara y secuencial los hechos relacionados con el proceso objeto de estudio. Se comienza reuniendo toda la información pertinente: cantidad de piezas a producir, capacidad de las máquinas, materiales y herramientas a emplear.

Obtenida toda la información, se examina de modo crítico, para que se pueda implementar el método más práctico, económico y eficiente. El ingeniero de métodos utiliza técnicas de investigación y técnicas analíticas para llevar a cabo un excelente trabajo en el menor tiempo posible.

1. Técnicas de investigación

a. Diagrama de Pareto

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los generan. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio para explicar la concentración de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza.

El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

Por ejemplo, 80% del valor del inventario total se encuentra en solo el 20% de los artículos en el inventario; en el 20% de los trabajos ocurren el 80% de los accidentes, o el 20% de

Cuestionar cada detalle Descripcición del trabajo

Figura 4.2 Pasos principales en un programa de ingeniería de métodos.

los trabajos representan cerca del 80% de los costos de compensación para los trabajadores. Significando para el analista de métodos concentrar la mayor parte de su esfuerzo en unos cuantos trabajos que producen casi todos los problemas.

b. Diagramas de pescado

El Diagrama de causa y Efecto o diagramas de Pescado es una técnica gráfica ampliamente utilizada, que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra.

Construido con la apariencia de una espina de pescado, esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953, en el Japón, por el profesor de la Universidad de Tokio, Kaoru Ishikawa, para sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica, cuando trabajaba en un proyecto de control de calidad para la Kawasaki Steel Company.

Se usa generalmente para: Visualizar, en equipo, las causas principales y secundarias de un problema. Ampliar la visión de las posibles causas de un problema, enriqueciendo su análisis y la identificación de soluciones. Analizar procesos en búsqueda de mejoras.

De igual forma conduce a modificar procedimientos, métodos, costumbres, actitudes, o hábitos con soluciones sencillas y económicas, mostrando el nivel técnico que existe en la empresa sobre un determinado problema,

los controla durante cada etapa y hasta el final del proceso. Una forma muy actualizada es el de agrupar las causas principales y dividirlas en varias categorías principales: humanas, maquinas, métodos materiales, entorno, administración, cada una de estas divididas en sub-causas, y se continúa con el proceso hasta enumerar todas las causas posibles. Un diagrama bien elaborado brindara varios niveles y la visión global de un problema y de los factores que lo asisten.

Estos factores se analizan bajo los términos de su posible aporte a la solución del problema, e identificar las soluciones potenciales. Es muy común encontrar el método de las 4M (Figura 4.3)

c. Graficas de Gantt

La grafica de Gantt, es tal vez la primera técnica de planeación y control de proyectos que surgió durante la década de 1940, en respuesta a la necesidad de administrar mejor los complejos proyectos y sistemas de defensa.

Son un esquema que representa el tiempo requerido para la realización de una actividad. Para su elaboración se deben seguir las siguientes etapas:

- 1. Listado de actividades,
- Orden cronológico de las actividades,
- 3. Determinación de tiempos,
- 4. Elaboración del esquema,



- Colocación de barras en el esquema y,
- 6. Determinación de tiempos totales.

Una gráfica de Gantt muestra de forma sencilla el tiempo de terminación planeado para las distintas actividades del próyecto como barras graficadas contra el tiempo en un eje horizontal. Los tiempos de terminación reales se muestran con sombreado en las barras. Si se traza una línea vertical en un determinado día, se puede establecer con facilidad que componentes del proyecto presentan retrasos, o por el contrario van adelantadas con respecto a la programación indicada.

En la actualidad, se encuentran en el mercado excelentes programas

para su traficación. La aplicación más sencilla se encuentra en el Excel, a continuación mostraremos como crear un Gannt, usando el Excel:

Se comienza definiendo 4 columnas pararealizarel diagrama. Estas columnas serán un listado de las actividades, una fecha de inicio, una a duración (en días para este ejemplo) y una fecha de finalización. Se recomienda ordenar las fechas de inicio de las actividades en forma ascendente, es decir, de aquella que inicia más temprano a la que inicia más tarde.

Luego de listar las actividades y tiempos, el Excel con los datos quedaría así:

▼ (*									
В	С	D	E						
Actividades	Fecha de inicio	Duración (días)	Fecha de fin						
Actividad 1	01/08/2010	6	06/08/2010						
Actividad 2	05/08/2010	4	08/08/2010						
Actividad 3	09/08/2010	3	11/08/2010						
Actividad 4	13/08/2010	8	20/08/2010						
Actividad 5	17/08/2010	12	28/08/2010						
Actividad 6	21/08/2010	4	24/08/2010						
Actividad 7	25/08/2010	21	14/09/2010						
Actividad 8	29/08/2010	17	14/09/2010						

Como se muestra en la imagen superior, los valores de las celdas de la columna de fecha finalización de las actividades se obtienen a partir de la fecha de inicio sumando la duración de las mismas.

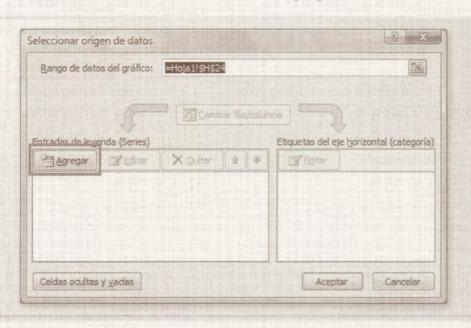
Recuerde que es necesario restar 1 día, para que de esta forma se cuente el día en que están iniciando las actividades. Por ejemplo, si una actividad comienza el 1. de junio y dura 6 días, la fecha

finalización no puede ser 1 + 6 = 7 de junio, ya que si efectúa de este modo, se dejaría de contar el 1 de junio. Las fechas de inicio consideran que las actividades se realizan al comienzo de ese día.

Para continuar con la elaboración del gráfico, se inserta el grafico en Excel, se va a la pestaña Insertar e insertamos un gráfico de Barra/Barra en 2D/Barra apilada.



Aparecerá un cuadro vacío, ya que aún no se ha seleccionado ningún dato, sobre el que hará clic derecho y seleccionaremos la opción **Seleccionar datos...** que nos mostrará una ventana. Hacemos clic en **Agregar.**



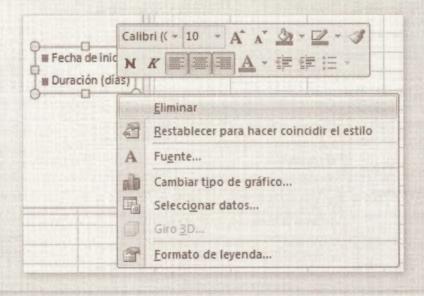
En la nueva ventana que aparece, llamada *Seleccionar origen de datos*, colocamos el cursor en el campo de *Nombre la serie* y luego seleccionamos la celda *Fecha de inicio*. Para el campo *Valores de la serie*, borramos el texto por defecto = {1} y seleccionamos el rango de celdas con los valores de las fechas de inicio. Hacemos algo análogo pero añadiendo otra serie de datos tomando esta vez la columna *duración*.



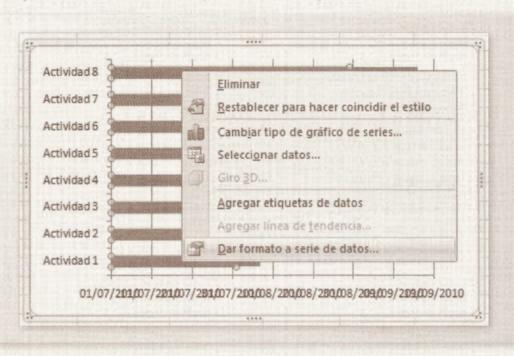
Ahora en la misma ventana de selección de origen de datos hacemos clic en el botón *Etiquetas del eje horizontal* y seleccionamos el rango de celdas con los nombres de las actividades, es decir, en el ejemplo, desde Actividad 1 hasta *Actividad 8*.



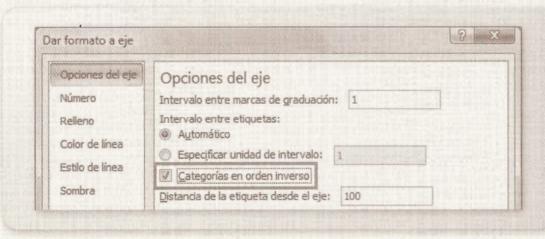
Hacer clic derecho sobre la leyenda del gráfico y seleccionar *Eliminar*.



Ahora sobre las barras correspondientes a las series de datos de fecha de inicio hacemos clic derecho, luego seleccionamos la opción *Dar formato a serie de datos* y allí en la sección *Relleno*, cambiamos la opción a *Sin relleno*.



Hacemos lo mismo pero haciendo clic en el gráfico (y seleccionando "Dar formato a serie de datos"), en la sección de actividades. Allí en el grupo de opciones por defecto (Opciones del eje) marcamos el V.B. que dice Categorías en orden inverso como se muestra en la imagen debajo.



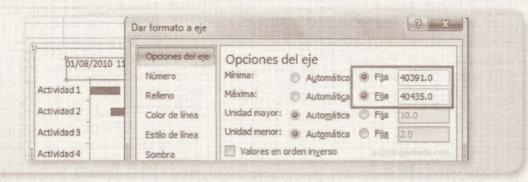
Luego de esto ya nuestro diagrama se ve mucho mejor y se pueden deducir algunas cosas relacionadas a estas actividades, como por ejemplo, cuáles se ocultan, cuáles comienzan luego de otras, la duración comparativa de las actividades, etc. Sin embargo, de momento las fechas aún no se visualizan bien ni ayudan mucho, así que continuaremos.

Para esto definiremos un nuevo rango de fechas. Comenzaremos escribiendo en dos celdas aparte, la fecha de inicio y fecha de finalizado del proyecto (considerando la fecha de la actividad que comienza primero y la fecha de finalizado de la actividad que termina de último).



Para el caso ejemplo tenemos la de inicio en 01/08/2010 y la de finalizado de proyecto en 14/09/2010. Cambiaremos el formato de estas celdas de fecha a número. Estas fechas cambiarán entonces a su formato numérico, convirtiéndose en 40391.00 y 40435.00 respectivamente. Esto nos servirá para definir el rango de fechas del gráfico.

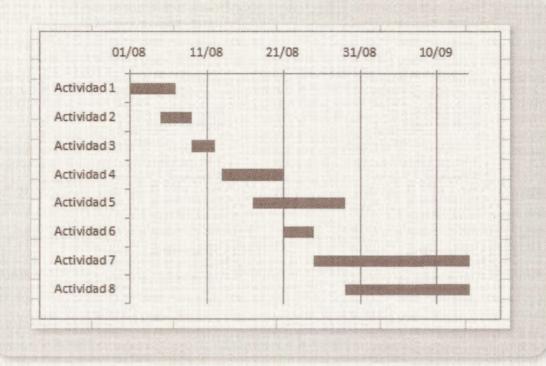
Hacemos clic derecho sobre la sección de fechas del gráfico y seleccionamos la opción de dar formato. Allí en la sección Opciones del eje definimos *Mínimo* y *Máximo* como *Fijo* tomando los números que obtuvimos de las fechas, es decir, 40391 y 40435. Los ingresamos y cerramos.



Para finalizar podemos cambiar el formato de la fecha (desde la misma ventana anterior) en la sección *Número*, donde agregamos el formato dd/mm para omitir el año. Luego de agregarlo lo seleccionamos como un formato Personalizado y listo.



Y se tienen el Gantt en Excel,



d. Graficas PERT

El *método PERT* (Project Evaluation and Review Technique) se creó en 1958 en Estados Unidos y se complementó el mismo año con el método *CPM* (Critical Path Method). EL PERT fue desarrollado para ser usado en el proyecto del Submarino Nuclear Polaris de la Armada Estadounidense. Según se reporta, en su desarrollo ahorro a la armada de Estados Unidos, dos años de tiempo.

El PERT, es un método de planeación y control que muestra en forma gráfica la manera óptima de lograr un objetivo predeterminado, normalmente en términos de tiempo. Es decir, su objetivo es representar gráficamente el proyecto de forma que sea posible

determinar la duración mínima del proyecto, conocer cuáles son las actividades sobre las que deberá ejercerse un mayor control (actividades críticas), y obtener información sobre el estado del proyecto en cada una de sus fases.

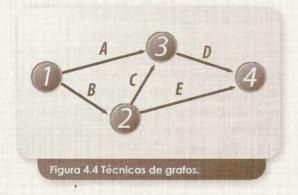
Las características que debe tener un proyecto para que pueda ser programado mediante esta técnica son las siguientes:

- Todas las actividades del proyecto deben estar perfectamente definidas.
- Debe existir un orden de relación entre las actividades.
- Cada actividad debe tener una duración determinada.

 Las actividades han de ser independientes entre ellas.

La herramienta básica de este método es la técnica de grafos, mediante ella se esquematiza la realización del proyecto en diferentes eventos y actividades.

Los nodos circulares representan los eventos a realizar y las flechas las actividades que se requieren para pasar de un evento a otro. Cada actividad debe tener un evento predecesor y un evento sucesor; a cada actividad se le asigna su tiempo de duración, y se establecen las relaciones entre actividades y situaciones mediante un orden o secuencia.



Asignación de tiempos a las actividades

La duración de una actividad no puede fijarse, en la mayoría de los casos, con exactitud. Depende de circunstancias aleatorias (averías en las máquinas, cortes de energía eléctrica, retraso en la entrega de suministros, enfermedad del personal,...). Este problema es abordado por el método PERT de modo muy peculiar, pues

considera tres estimaciones de tiempo distintas:

- Estimación optimista (E_a): tiempo mínimo en que podría ejecutarse la actividad i si no surgiera ningún contratiempo.
- Estimación más probable o estimación modal (E_m): tiempo que se empleará en ejecutar la actividad i en circunstancias normales
- Estimación pesimista (E_p): tiempo máximo de ejecución de la actividad i si las circunstancias son muy desfavorables.

La distribución de los tiempos sigue una distribución del tipo beta (B).

 La función de densidad f(t) de una variable aleatoria t, que sigue una distribución de probabilidad tipo beta en un intervalo cerrado (E_o, E_p) es:

$$f(t) = 0 t \le E_0$$

$$f(t) = K (t - E_0)^{\infty} (E_p - t)^{\varphi} E_0 \leftarrow t \leftarrow E_p$$

$$f(t) = 0$$

La campana no es simétrica como en las distribuciones normales pudiendo presentar asimetría:

- A la derecha: $(E_o + E_p/2) > E_m$
- la izquierda: $(E_o + E_p/2) < E_m$

Para distribuciones del tipo beta las expresiones de Esperanza matemática

(que expresan la duración de la actividad i y la varianza de la actividad i son las siguientes:

El tiempo PERT (D) o duración será la media o esperanza matemática:

$$t_v = \frac{E_O + 4E_m + E_P}{6}$$

Varianza de una actividad: Las actividades con mayor varianza tienen un mayor riesgo en la estimación de su duración.

$$\sigma_{ij}^2 = \left(\frac{E_O - E_P}{6}\right)$$

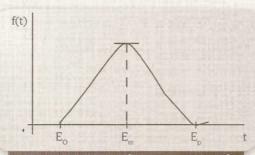


Figura 4.5. Distribución beta con asimetría a la izquierda

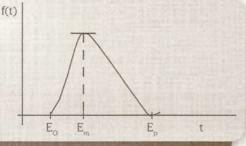


Figura 4.6 Distribución beta con asimetría a la derecha

e. Guía de análisis de trabajo /lugar de trabajo

La guía de análisis del trabajo/lugar de trabajo, identifica problemas dentro de un área, departamento o lugar de trabajo. Con anterioridad a la reunión de datos cuantitativos el analista visita el área y observa al trabajador, su tarea y su entorno, e identifica los factores administrativos que pueden afectar el comportamiento o desempeño del trabajador. Estos factores brindan una visión amplificada de la situación, conduciendo al analista en el uso de métodos más cuantitativos para recolectar y analizar los datos. La siguiente figura muestra un aplicativo de la guía de análisis del trabajo/lugar de trabajo en una operación en caliente de la fabricación de televisores, donde los aspectos clave incluyen levantar cargas pesadas, tensión por alta temperatura y exposición a altos decibeles de ruido.

Consulte la figura 4.7; en la página siguiente.

Técnicas analíticas para obtener y analízar la información

La ingeniería de métodos comprende no solamente la implementación del método, sino también la estandarización de todos los aspectos de cada una de las tareas. Cuando el análisis de métodos se emplea para diseñar un nuevo proyecto o para mejorar uno ya puesto en marcha, el ingeniero de métodos tiene a su disposición una amplia variedad de técnicas analíticas,

Frabajo/lugar: TERMINAL CARGADA Analista: AF Fecha: 1-27-Descripción: INSERTAR EL TUBO (CINESCOPIO) EN EL CONO Factores del trabajador Nombre: Edad: 42 Sexo: (M) F Estatura: 6' Peso: 90 Motivación: Alta Media Baia Satisfacción en el trabajo: Alta Media (Baja) Escolaridad: Parte de bach. Condición física: Alta (Media) Baia (Bach.) Licenciatura Equipo de seguridad Anteojos Zapatos Tapones de oídos Otros GUANTES CON MANGA Casco Factores de la tarea Con referencia a: ¿Qué ocurre? ¿Cómo floyen las partes de entrada/salida? Diagramas de proceso de flujo TUBO DE LA BANDA A MÁQUINA DE INSERCIÓN, LUEGO SELLADOR, Y REGRESO A BANDA ¿Qué tipos de movimientos se necesitan? Análisis con video. Principios de economía de movimiento LEVANTAMIENTOS REPETITIVOS, CAMINAR, AGARRAR Æxisten dispusitivos? (Automatización? SÍ, POSICIONAR TUBO; SÍ, PARA PROCESO BÁSICO; NO, PARA MANEJO DE MATERIALES ¿Qué herramientas se usan? Lista de evaluación de herramientas NO Æstá hien distribuido el lugar de trabajo? Il lay alcances lejos? Lista de evaluación de estación de trabajo NO - CAMINAR Y ALCANZAR SON EXCESIVOS Hay movimientos incómodos de dedos/muñecas? (Frecuencia? Indice de riesgos CTD NO Allay movimientos de levantar? Artálisis de levantar NIOSH, modelo UM2D SÍ, TUBOS DE VIDRIO PESADOS iSe fatiga el trabajador? iCarga lísica? Análisis de ritmo cardiaco, holguras trabajo-descanso SÍ. Homa decisiones? (Carga mental? MINIMAS ¿Qué tan largo es cada ciclo? ¿Cuál es el tiempo estándar? Estudio de tiempos, lista de verificación MTA1-2 ~ 1 1/2 MIN Factores del entorno Lista de verificación trabajo-entorno 2Es aceptable la ilominación? El Liv reflejos? Valores recumendado nor IESNA Si As aceptable el nivel de ruido? Niveles de OSHA NO - SE REQUIEREN TAPONES DE OÍDOS Hay tensión por el calor? A tay vibrarsiones? Estándares ISO NO Factores administrativos Observaciones: atxisten incentivos al salario? INTENTAR POSICIONAR MÁS DE CERCA NO LA BANDA Y LAS MÁQUINAS. Æxiste rotación del trabajo? ¿Enriquecimiento del trabajo? **IMUY PELIGROSOI** NO ¿Se proporciona capacitación o especialización en el trabajo? ¿Cuáles son las políticas administrativas globales?

Figura. 4.7 Formato guía de análisis del trabajo/lugar de trabajo.

que pueden ser usadas de forma individual o combinadas; una vez obtenida esta información relacionada con el proceso, deber ser presentada en forma clara y lógica para luego ser examinados de modo crítico, con el fin de implementar el método más práctico, económico y eficaz.

La clave de la aplicación afortunada de cada técnica de ingeniería de métodos radica en el estudio preliminar, este indica de modo general el alcance del posible mejoramiento en relación con los productos, recursos disponibles y lugar de trabajo, estableciendo las prioridades de los aspectos investigar y los parámetros necesarios para identificar las perturbaciones o cuellos de botella, y así evitar el desperdicio de tiempo con áreas problema de baja prioridad. El estudio preliminar de cada una de las actividades de trabajo, brindara datos que justifiquen el estudio que se proyecta, una minuciosa y detallada investigación permitirá determinar las, alternativas en la resolución de los problemas, dando viabilidad a la selección acertada de las técnicas de estudio de movimientos. El ingeniero de métodos puede regular la profundidad y concentración del estudio; para luego seleccionar una técnica de estudio que de una profundidad de análisis que sea proporcional al ahorro potencial de costes. Las principales técnicas de ingeniería de métodos incluyen diagramas de proceso, análisis de operaciones, estudios de movimientos,

muestreo del trabajo, medición del trabajo e ingeniería del valor.

Elementos de un proceso

La fase de especificación y el proceso del diseño de métodos, se complementa con un lenguaje estandarizado, utilizando símbolos en la descripción y comunicación de los métodos de trabajo. Dentro de este lenguaje se incluyen varios conjuntos estándar de elementos, de donde es posible describir más rápida y efectivamente la secuencia de una actividad productiva. En la siguiente figura, se puede observar que los elementos se clasifican por tamaño desde subdivisiones importantes del proceso general, hasta movimientos particulares de las manos y dedos.

Consulte la figura 4.8; en la página siguiente.

Elementos grandes de una operación

En la siguiente figura, se muestran los elementos más grandes en que puede analizarse una operación: Atención a la máquina, el cual consiste en mover de la maquina el material terminado, en cargar la maquina con el nuevo material y ponerla en marcha; y maquina en operación, el cual indica material en proceso.

Dentro de estos se encuentran otros elementos que pertenecen a la misma categoría:

El más largo

	(a) Elementos de un proceso	Operación Transporte Inspección Retardo Almacenaje	
ACIÓN	(b) Elementos más grandes de una operación	Atención a la máquina Máquina en operación	S R
AUMENTAR EL TAMAÑO Y LA DIJRACIÓN	(c) Elementos de tamaño intermedio de una operación	Tomar Colocar Ensamblar Usar Sostener	G P A U H
	(d) Los elementos más pequeños de una operación	Alcanzar Sujertar Mover Ubicar Soltar Girar Retardar Sostener	R G M P RL T D H

El más corto

Figura 4.8 Resumen Conjuntos estándar de elementos.

- D Descargar la maquina
- C Cargar la maquina
- Maquina en operación; preparar, hacer y alejar

Elementos medianos de una operación

La figura 4.8, muestra los elementos que se usan en este tipo de análisis, definiéndolos así:

Movimiento	Símbolo	Definición	Ejemplo
Tomar	T	Acto de alcanzar y ase- gurar el control de un objeto	Alcanzar y tomar un lá- piz de bolsillo
Colocar	С	Acto de mover un objeto hacia una posición determinada	Mover al lápiz desde el bolsillo y ponerlo sobre el papel en posición lis- to para escribir
Colocar	U	Acto de emplear una herramienta, instrumen- to, etc., con el objeto de realizar propósito útil	Escribir con lápiz
Usar	Е	Acto de unir dos objetos de la manera deseada	Colocar una tuerca a un perno
Ensamblar	S	Acto e detener un objeto con una mano, mientras que la otra se prepara a realizar cierto trabajo en ese objeto.	Aplicar presión sobre la bisagra con una mano mientras que con la otra se ajusta.

Figura 4.9 Definición de elementos medianos de una operación.

Elementos pequeños de una operación

Se conoce como análisis de movimientos o análisis microscópico, al análisis de una operación en términos de movimientos individuales del operador, para este análisis han servido como base un conjunto de 17 movimientos conocidos como "terblings", es decir, descripciones concisas de movimientos manuales,

elementales y específicos. No obstante, el detalle y número de los movimientos incluidos en el sistema therbling, como el hecho de no disponer de valores predeterminados del tiempo de ejecución para los therblings, forma un conjunto de movimientos menos productivos que las series de movimientos descritos a continuación:

Estos tiempos se proporcionan en la forma de un sistema especial llamado

Movimiento	Símbolo	Definición	Ejemplo
Alcanzar	A	Movimiento de la mano o de los dedos sin car- gar, terminando cuan- do la mano está aproxi- madamente a 2 cm del objetivo.	Mover la mano hacia el lápiz dentro del bolsillo preparándose para su- jetarlo
Sujetar	S	Movimiento por medio del cual se asegura el control de un objeto, con los dedos.	Colocar los dedos alre- dedor del lápiz en el bol- sillo, y aplicar presión.
Mover	M	Movimiento de la mano o de los dedos sin car- ga, terminando cuando el objeto está aproxima- damente a 2.5 cm del objetivo.	Mover el lápiz hacia el papel.
Ubicar	U	Perder el control sobre un objeto sujatado pre- ventivamente con los dedos.	Dejar de aplicar la pre- sión de los dedos sobre el lápiz después de re- gresarlo al bolsillo.
Soltar	so	Movimientos relaciona- dos en orientar, colocar y enfrentar un objeto con otro.	Mover la punta del lápiz hacia el lugar exacto donde se empezará a escribir.
Voltear	٧	Movimiento que requie- re rotar el antebrazo con respecto a su eje mayor,	Movimiento que se requiere para hacer girar la perilla de una puerta.
Retrasar	R	Movimiento dubitativo de la mano mientras se espera que algúnacto o evento termine.	Espera de la mano iz- quierda mientras la derecha busca el lápiz dentro del bolsillo.
Sostener	S	El acto de detener un ibjeto con una mano mientras se realiza un trabajo sobre un objeto.	Detener el perno con la mano izquierda mien- tras que con la derecha se le coloca la tuerca.

Figura 4.10 Elementos para el análisis microscópico de la actividad manual

MTM, para desarrollar este sistema, sus creadores reprodujeron una gran variedad de operaciones manuales industriales y un minucioso estudio de esas películas, indico que la mayoría de las trayectorias de movimientos en operaciones industriales, podían resumirse a partir de ocho movimientos básicos: alcanzar, mover, sujetar, girar, ubicar, soltar, desmontar y apretar. Los resultados obtenidos, fueron una cantidad de valores de tiempo para cada uno los movimientos básicos, y procedieron a determinar las variables del trabajo que afectan al tiempo de ejecución esperado para cada uno de los movimientos, revelando, por ejemplo, que el tiempo necesario para mover un objeto se ve afectado por la distancia recorrida por la mano, por el mayor o menor control que debe ejercitarse y por el peso del objeto. Los resultados de estas investigaciones se muestran más adelante, los cuales incluyen los valores de tiempo MTM para los movimientos de los dedos, manos y brazos.

métodos para la medición de tiempos

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS Herramientas para el análisis de métodos

Los diagramas son las herramientas o medios que ayudan a efectuar un mejor trabajo en el menor tiempo posible. Son uno de los instrumentos más importantes de la ingeniería de métodos, ayudan a analizar y mejorar el método actual. El procedimiento básico es:

- Seleccionar el trabajo que se va a estudiar.
- Registrar todos los hechos pertinentes.
- Examinar los hechos con ojo critico.
- Desarrollar el método más práctico, económico y eficaz.
- 5. Implantar y conservar ese método.

Métodos para la elaboración de díagramas

Análisis del orden cronológico

Consiste en dividir en orden cronológico el proceso que se estudia en acontecimientos o actividades. Según el tema a tratar, existen dos tipos de análisis: Un producto o una persona. Ellos son:

- Diagramas de flujo de procesos (para productos).
- Diagramas de flujo de procesos (para personas).
- Diagramas de procesos de operación.

Diagramas de procesamiento de formas.

Movimiento y flujo de las actividades

Los diagramas se utilizan para indicar el camino que sigue el movimiento; e Informan sobre el orden que siguen los procesos; el motivo del movimiento puede ser un bien o servicio, un material una persona o todos en conjunto.

Interrelaciones temporales de actividades múltiples

Las interrelaciones temporales que existen entre actividades múltiples relacionadas con sujetos diferentes muestran gráficamente en una misma escala de tiempo, de modo que las interacciones de los acontecimientos asociados de sujetos diferentes queden indicadas claramente.

Los sujetos pueden ser: personas, extremidades de una persona, o máquinas. Se encuentran:

- Diagrama de proceso con actividades múltiples.
- Diagrama bimanual.
- Diagrama de redes.
- Registro de datos.

En el estudio de métodos se emplean dispositivos electrónicos para analizar micro- movimientos, actividades de ciclo prolongado y actividades múltiples.

a. Diagramas de proceso

Los diagramas de proceso presentan gráficamente los sucesos que ocurren durante una serie de acciones u operaciones, para que estas puedan ser fácilmente visualizadas y analizadas.

El diagrama consiste en el registro y en la descripción detallada de las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes, dadas en el mismo orden en que tienen lugar, ya sea durante un proceso ejecutado por el hombre o durante el tratamiento de un material o de unos materiales.

La ASME, define el diagrama de procedimientos así: Una presentación gráfica relativa al orden de sucesión de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que se presentan durante un proceso o procedimiento, incluye una información que es pertinente para el análisis, en aspectos tales como el tiempo requerido y la distancia recorrida.

Símbolos

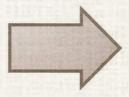
La clasificación y sus símbolos para procesos, han sido establecidos por la American Society of Mechanical Engineers, en cinco grupos, su definición es la siguiente:

Operación



Se presenta cuando se modifican intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto; se ensambla o desmonta a partir de otro objeto, o se dispone o prepara para otra operación; o cuando se brinda o recibe información, se planea o calcula.

Transporte



Se produce, cuando se traslada un objeto de un lugar a otro, o cuando hay desplazamiento de una persona, excepto cuando el movimiento forma parte de la operación o es causado por el operador en la estación de trabajo.

Inspección



Tiene lugar cuando se realiza la comparación de una característica de un objeto con respecto a un estándar de calidad o de cantidad.

Espera



Se presenta cuando un objeto o persona espera la acción planeada siguiente o las condiciones no permiten la ejecución de la siguiente actividad prevista. El almacenaje circunstancial que ocurre entre los puestos o en los puestos de trabajo, también es considerado como una espera.

Almacenamiento



Ocurre cuando se realiza la retención de un objeto en un estado y lugar, en donde para moverlo se requiere de una autorización.

Combinación

Cuando se realizan dos actividades de forma simultanea o en el mismo puesto de trabajo, los símbolos pueden ser combinados. Ejemplos:



La inspección se realiza en el transcurso de la operación.



Mientras el producto esta en movimiento se realiza la operación.

Diagrama del proceso de una operación

Un diagrama de operación es una representación gráfica y simbólica que muestra solamente las operaciones e inspecciones realizadas durante un proceso con sus relaciones periódicas y los materiales utilizados, en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Es diseñado para dar una rápida compresión del trabajo que debe hacerse, presentando detalles como ajustes, tolerancias y especificaciones.

La mayor ventaja de un gráfico de operación es su naturalidad, capacita al ingeniero de métodos para visualizar las relaciones entre operación o procesos sin poner de manifiesto difusas actividades de manipulación de materiales. Permite exponer con claridad el problema y determinar en qué áreas existen las mejores posibilidades de mejoramiento. Por esta rázón el grafico de operación es un medio efectivo para ilustrar un proceso a las personas para las cuales no es familiar la secuencia de operaciones e inspecciones.

Elaboración del diagrama de operaciones de proceso

En la elaboración de estos diagramas se utilizan dos símbolos: *Operación e Inspección*.

Una operación sucede cuando la pieza en estudio se transforma intencionalmente o cuando se estudia o planea antes de realizar alguna labor de producción en ella. Algunos analistas optan por la separación de las operaciones manuales (mano de obra directa) de aquellas que se refieren a la gestión administrativa y que guardan directa relación con los costos indirectos o gastos.

Tiene lugar una inspección, cuando la parte se somete a examen para determinar su conformidad con una norma o estándar.

Antes de elaborar el grafico es necesario determinar, con precisión donde inicia y donde termina el proceso a analizar, con el fin de evitar desvíos, si se presenta, es conveniente utilizar diagramas separados para cada derivación del proceso.

Terminar un proceso antes de comenzar otro. Observar con atención el momento en que ocurre la ejecución de las operaciones, para realizar las preguntas necesarias sobre los detalles de interés.

Describir cada etapa de forma clara y precisa. Seleccionar el símbolo correspondiente en la descripción de cada etapa. Asignar el tiempo a cada operación e inspección e incluirlas en el diagrama de operaciones de proceso, si no están disponibles, el analista debe efectuar las mediciones de tiempo en el lugar de trabajo.

Análisis critico

El análisis crítico se centra en los detalles de cada etapa y una vez que el analista ha finalizado su diagrama de operaciones, deberá revisar cada operación y cada inspección desde el punto de vista de los enfoques primarios del análisis de operaciones. Los siguientes son los enfoques que se

Figura 4.11 Codificación de operaciones.

aplican cuando se estudia el diagrama de operaciones:

- 1. Propósito de la operación.
- 2. Diseño de la parte o pieza.
- 3. Tolerancias y especificaciones.
- 4. Materiales.
- 5. Proceso de fabricación.

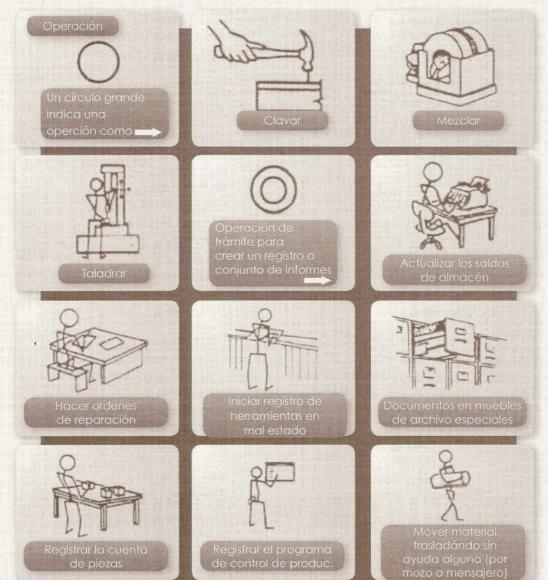
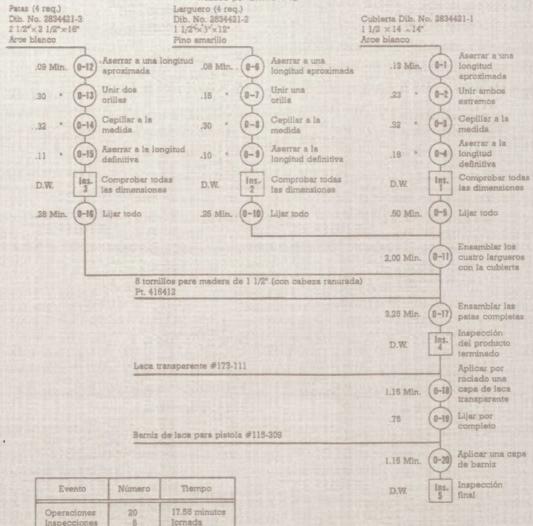


DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

Fabricación tipo 2834421. Mesas para teléfono Método actual Parte No. 2834421. Dib. No. SK284421 Trazado por B.W.N. 4-12-



- **6.** Preparación y herramental.
- 7. Condiciones de trabajo.
- 8. Manejo de materiales.
- 9. Distribución en la planta.
- Principios de la economía de movimientos.

El análisis crítico basado en los diez criterios, brinda información valiosa y muy útil para examinar los hechos previamente a la formulación de recomendaciones. El analista plantea en el examen crítico una actitud interrogante en lo que respecta a su influencia en el tiempo, calidad y producción del bien o servicio en estudio. La aplicación sistemática de diferentes preguntas relacionadas con el trabajo cuyo fin es encontrar las mejores ideas, conduce al analista a concentrarse en las interrogantes

básicas, en el orden siguiente:

- 1. Finalidad ¿Qué? A esta pregunta le corresponde la descripción de la etapa considerada. En este momento súrgela pregunta ¿Qué se hace? La respuesta conduce a establecer una descripción detallada de la respectiva etapa y el analista verificara si la descripción es completa, de lo contrario deberá completar la descripción mediante la formulación de una segunda pregunta, ¿por qué se hace así? ¿Por qué se debe hacer?
- Lugar ¿Dónde? Determina el lugar de la ejecución, la maquina a utilizar, el puesto de

- trabajo. Se pueden agregar otras preguntas para complementar la información: ¿está situado el lugar de trabajo en el lugar adecuado? ¿El espacio es suficiente para el operario, maquina, herramientas y piezas?¿Dónde se debe hacer en forma definitiva? El analista debe tratar de especificar si la actividad se puede realizar con facilidad, con una mejora en el puesto de trabajo.
- fija la posición exacta de la etapa, en el proceso de fabricación. El analista debe observar si es posible que se dé una mejora con los resultados obtenidos; como consecuencia de un traslado al inicio o final de la etapa, o si es necesario combinarla o fusionarla con otra, Otras preguntas como: ¿es el momento preciso?, ¿Por qué?,
 - Persona ¿Quién? Esta pregunta conduce a registrar las calidades requeridas que debe quien realice la actividad. ¿Quién hace el trabajo? ¿Quién lo debe hacer?¿es el trabajo que conviene? ¿Cuál debe ser la calificación del operario? ¿El trabajo puede ser realizado por un solo operario? ¿El trabajo exige esfuerzo mental?

complementan esta interrogante.

4.

Medios ¿Cómo? A esta pregunta el analista, debe hacer énfasis en cada operación y transporte, su ejecución en las mejores condiciones (ambiente, medios, instalaciones, medios, materiales), siguiendo un modo de operación eficaz (rápido, preciso, cómodo y económico). Las siguientes preguntas la complementan: ¿Cómo se hace? ¿Cómo debe hacerse? ¿Es el proceso actual el más adecuado? ¿Es el proceso actual el más económico? ¿Puede simplificarse?

Las respuestas dadas contribuyen a examinar cada paso del proceso, en cualquier tipo de diagrama, buscando las siguientes posibilidades de mejoramiento:

- *Eliminar*: Los elementos u operaciones innecesarias, estas se pueden estar realizando por falta de comunicación o por simple hábito.. Esta mejora no requiere preparación ni inversión. Es la mejora más esencial e importante a realizarse.
- Combinar: operaciones o elementos; se pueden asignar a una sola persona o al mismo puesto de trabajo las distintas operaciones que realizan mas de dos personas en lugares diferentes.
- Reacomodar: operaciones o elementos, la posibilidad de mejoramiento consiste en modificar el orden o los elementos de las operaciones, incluida el área de trabajo o la persona quien ejecuta la labor.
- Simplificar: operaciones o elementos necesarios, luego de

un minucioso examen poco exitoso, se analizan los métodos para simplificar y mejorar las operaciones o elementos de forma individual, mejorando las operaciones manuales junto con la utilización de maquinaria y equipo.

El diagrama de operaciones de proceso una vez finalizado, brinda una amplia visualización del método actual, en la identificación de nuevos y mejores procedimientos; como resulta muy útil al promover y explicar el método propuesto y al proporcionar gran cantidad de información, es un medio comparativo ideal entres dos posibles soluciones permitiendo:

- Identificar todas las operaciones, inspecciones, materiales, desplazamientos, almacenamientos y retrasos en la elaboración de una pieza o en el desarrollo de un proceso.
- 2. Expone todos los eventos ocurridos en una secuencia.
- Muestra la relación existente entre las partes o piezas elaboradas y su compleja fabricación.
- Distingue con claridad partes producidas y partes compradas.
- Suministra información sobre el número de trabajadores y tiempo requeridos encada operación e inspección.

Diagrama de flujo

Estos diagramas de flujo son similares a los de operación, contienen muchos más detalles; incluyen transporte de materiales y actividades de almacenamiento. Parecidos a los diagramas de operación, los de flujo también ayudan a descubrir el modo de combinar o eliminar operaciones de transporte y manipulación de materiales que representan una parte importante del costo de producto.

A causa del alto coste de la manipulación de los materiales, puede ser conveniente analizar una tarea de detalle y estudiar, con un diagrama de flujo, los sucesos que ocurren entre operaciones, tanto como las operaciones mismas.

El diagrama de flujo puede incluir informaciones tales como el tiempo requerido para completar una actividad o la distancia recorrida. Pueden hacerse con relación al material, presentando el proceso en términos de sucesos que le ocurren al material, o con relación al hombre, presentado el proceso en términos de las actividades de este.

Por información metódica sobre la necesidad de cada actividad registrada en el diagrama de proceso y un análisis cuidadoso de la necesidad de mejoras procedimientos de manipulación de los materiales, es posible, con frecuencia, reducir sustancialmente el coste de realización de un proceso.

La creación del diagrama de flujo es una actividad que agrega valor, pues el proceso que representa está ahora disponible para ser analizado, no sólo por quienes lo llevan a cabo, sino también por todas las partes interesadas que aportarán nuevas ideas para cambiarlo y mejorarlo.

Pueden ser utilizados con efectividad por los supervisores de producción y contramaestres, así como por los ingenieros de métodos. Han sido usados en fábricas, oficinas, bancos, almacenes y hoteles, con excelente resultados.

Es una de las técnicas, más usadas para registrar el orden en el cual se producen una serie de actividades o acontecimiento. Dependiendo de las características del flujo registrado, se conocen tres tipos de diagramas:

1. Para personas: El proceso se relaciona con las actividades de una persona. Es frecuente el uso de símbolos combinados, por lo general no se utiliza el símbolo de almacenamiento, ni las líneas horizontales que representen el ingreso de materiales al proceso. Para describir las actividades, se usa la forma activa del verbo.

Consulte la figura de la página siguiente.

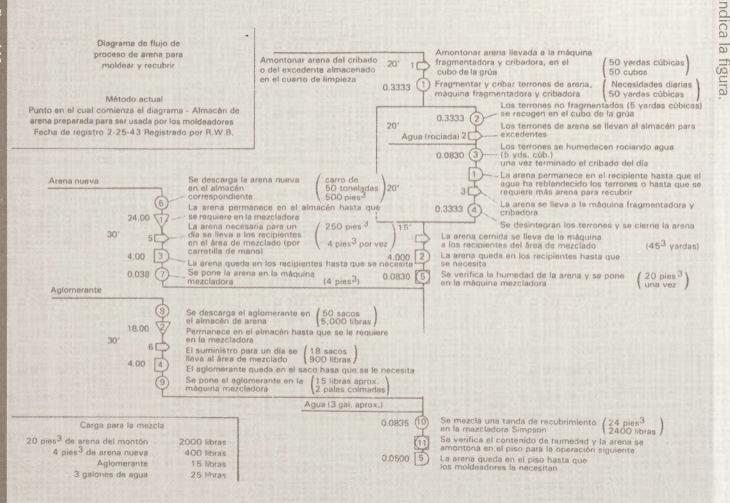
2. Para el producto o materiales:

Cuando el registro de acontecimientos o actividades producidas se relacionan con un producto o material. Emplea los mismos símbolos para personas, pero las actividades usan la forma pasiva del verbo.

Diagrama de flujo del proceso		Del tij	oo trabaji	ador	/met	erial	equ	нре		
Cuadro No. 7 Hoja No. 1 de 1			Resumen							
			ridad	-		Acti	-	T	Propuesta	Ahorro
Sujeto registrado: Enfermera de hospital			7	5		34	-		18	16
		Operació Transpor		5		6			72	(-12)
			State State			01	,	862	12	(-12)
Actividad:	PHI	Tiempo		2		383				
Servir comidas a 17 pacientes		Inspección			THE RESERVE OF					
			Almacenamiento				-		-	_
Método: Actual/Propuesto		Distancia (m)			436				197	239
Ubicación: Pabellón L		Tiempo:	hr)	39				28	11	
Operatorio(s): Reloj No.		Costo:	_					_		
		Mano de obra Materiales (carrito TOTAL (Capital)					-	-		
Registrado por: Fecha:					1				\$24	-
Autorizado por: Fecha:									\$24	The second second
						mbol		22		Contract of the Contract of th
Descripción	Cant		19 100		211	mbol	0		Observa	ciones
METODO ORIGINAL	(pla-	cia (m)	Tiempo	0	1	5	-	-	Observa	aciunas
	tos)		(min)	0	0	D	U	V		
Transporta el primer platillo y los platos	1							000	Carga inci	òmoda
de la cocina a la mesa de servicio, en una charola	-	16	50		1	1	33			NET NET
Coloca las fuentes y los platos sobre la mesa	17	-	.30		1	18				- 1 1 h
Sirve de tres fuentes al plato	-	-	.25	<	1		10			NE SON
Lleva el plato a la cama 1 y regresa	1	7.3	25		>	100	60			
Sirve			25	1			1			
Lleva el plato a la cama 2 y regresa	1	6	23		1		10		NAME OF TAXABLE PARTY.	
Sirve	-	-	.25	<	1		1545			
(Continúa hasta haber servido las 17 camas.	-		120	-	In-					
Véanse las distancias en la figura 32/	-		1		-		10.67			
	1			1	1		188			-
Terminado el servicio, coloca las fuentes en la	1		01. 189		1	200	00			
charola y regresa a la cocina	1-	16	50		1		1000			Section 2
Distancia y tiempo totales, primer ciclo		192	10.71	-	20	~	-	-		
Repite el ciclo con el segundo platillo	1	192	10.71	17		-	-	-		
Recoge los platos vacios del segundo platillo		52	2.0	-	20	-	-			
TOTAL		436	23.42	34	60	200				
METODO MEJORADO	188									
Transporta el primer platillo y los platos-	1					100			Carrito	
de la cocina a la posición A-carrito	17	16	50		1				de se	
Sirve dos platos	-	132	40	1		233		1		
Lleva dos platos a la cama 1; deja uno;	1	(15)			1					
lleva un plato de la cama 1 a la cama 2;	1 2	106	25			100				
regresa a la posición A	1	(15)	-						Real Property lines	C 170.55
Empuja el carrito hasta la posición B	-		.12	-	1					
Sirve dos platos		3.0	40	1	-	-	-	-		
	-	-	40	1	-	-	10.00			
Lleva dos platos a la cama 3; deja uno;	1	1151		1	1	100	1000			The State of
lleva un plato de la cama 3 a la cama 4;	1 2	106	25	-	1					
regresa a la posición B	1	1151			1		128			
1Continúa hasta haber servido las 17 camas	-		-	-	3	18.	1133			
	100	12825	1000							
			1		1					
Regresa a la cocina con el carrito	-	7.6	50		11		1 18		N. A. B. W. S.	
Distancia y tiempo totales, primer ciclo		72.5	7 49	9	26					
Repite el ciclo con el segundo platillo		725	7 49	9	26		100		Name of the last	
Recage los platos vacios del segundo platillo	-	52	2.00	-	20		1			
	1000	TO VICE	T TS			539	613			
AND THE RESERVE OF THE PARTY OF	1000	1	100	1			FEN.			
			10000		78	1	Toy!			1
		130000	100000		1	261			CONTRACTOR OF THE	-
		Total State of the last of the		1	1		1111			7
			2 1016	100	-					1
				1100		200				
	-		-		-	0.00				
	1		-					1		
	Fire		2008	10	1	35		180		
ALCOHOL SERVICE STREET, SERVIC	Page 1	1	1		-	187				
TOTAL	-	197	16 98	18	72	100				
	1830	N PE			1	100				

Cuadro No. 1 Hoja No. 1 d	e 1	Resumen								
		Acti	vidad			Act			Propuesta	Ahorro
Sujeto registrado:			0 :: 0			0.00/50	THE DO			7770110
Motores de autobús usados	Notores de autobús usados		Operación O				4			The last
Actividad:		Demora	7	5		-	3			
Desmontar, limpiar y desengrasar		Inspecció	on E	1			1			100
antes de la inspección		Almacen	1							
Método: Actual/propuesto		Distanc	iar (m)	-						
Ubicación: Taller de desengrasado		Tiempo (h		in	237.5					
Operatorio(s) Reloj, Nos. 1	1234	Costo	ombre m	177.	-					
Operationo(s)	571	Mano de obra Materiales						200		
Registrado por:					_					A THE REAL
Autorizado por: Fecha:		TOTAL			_					_
	1									
Descripción	Cant	Distan-	Tiempo		5	imbo	olo		Observ	aciones
		cia (m)	(min)	0	0	D		V		
Almacenado en la bodega de motores usados								-		
Se recoge el motor					-				Grúa ele	éctrica
Se transporta hasta la grúa sig.		24			1				**	
Se deposita en el suelo					1					
Se recoge	A EXE		To be to be						**	
Se lleva a la sección de desarmado		30								**
Se deposita en el suelo	San I				1					
Se desarma el motor	0.000			8			200			
Componentes principales lavados y puestos en order				7		100		100		
Inspección de componentes: se redacta un					1	1				
informe de inspección							>		GARAGE STATE	
Se llevan las partes a la canasta de desengrasado	to the	3			T	7				No version
Cargadas para desengrasar					1					
Transportadas al desengrasador		1.5			1				Grua de	mano
Se descargan en el desengrasador					1					
Se desengrasan				<						
Se sacan del desengrasador					7					4.
Son retiradas del desengrasador		6			1					
Se descargan en el piso					4					
Se enfrian			3 1			>	12.81		20000	
Son transportadas a los bancos de limpieza	1000	12			1			0.00	Manuain	nente
Todas las partes se limpian completamente	10000			5	_	Mo				
Las partes limpias se colocan en una caja		9			1		1000	00	Manualn	mente
Esperan a ser transportadas	10000				33	7				
I adas las partes, con excepción del bloque y las					1					
cabezas de cilindros, se cargan en una carretilla			134		1					7336 255
Son transportadas hasta la sección de inspección					1	133				1741
de motores	0.000	76			1			000	Carre	tilla
Las partes son descargadas y ordenadas sobre la	10000				1					202000
mesa de inspección					1		200			
El bloque y las cabezas de cilindro se cargan en	0.3750	-			1		1000			
la carretilla	-			8.89	1			330		
Son transportadas hasta la sección de inspección		76			-	1000			Carret	illa
de motores		76			-				CONTEX	ma
Se depositan en el piso	-			-	1	-				
Se guardan temporalmente en espera de la inspección							10000			
		-	-							
		-		-	-					
				160		1	187			
				-60		1	100			
	2000	-		100				100		
					-			1		
			1							
TOTAL		237.5	1.3.38	4	21	3	1	1		
			100		100			1		
					100		1000	100		

Figura 4.14 Diagrama de flujo del tipo para material: desarmado, limpieza y desengrasado de un motor (Método original)



linea de

de

flujo

vertical

un

poco horizontal

abajo

del símbolo

a

operación,

como

0 0

con

una

línea

trazada

montad hacia

Sol 0 de

0

resentan partiendo

materia

3. Para el equipo: Las actividades registradas se relacionan con el equipo, siguiendo un procedimiento similar al de productos o materiales.

Para su registro, los símbolos que se denotan con acontecimientos, eventos o actividades se enumeran en el orden en que suceden, para facilitar su identificación y lectura. De igual manera se deben determinar los puntos de iniciación y terminación del proceso, cuando se trata de analizar los métodos actuales, el diagrama se debe elaborar partiendo de la observación directa, adoptando una actitud interrogativa utilizando las siguientes preguntas: por qué, cuál, cuándo, dónde, quién

y cómo; las ideas relacionadas con el mejoramiento se anotan en la medida que se presentan, aunque el análisis crítico sea más adelante. Un diagrama de flujo es una representación pictórica de la distribución de la planta y los edificios, donde se muestra la localización de todas las actividades del diagrama del flujo del proceso. En la construcción de un diagrama debe identificarse cada actividad junto con el símbolo y número correspondiente al que aparece en el diagrama de flujo del proceso.

La dirección del flujo se indica con reducidas flechas sobre las líneas. Si se evidencian distintos flujos, se pueden usar un color diferente.

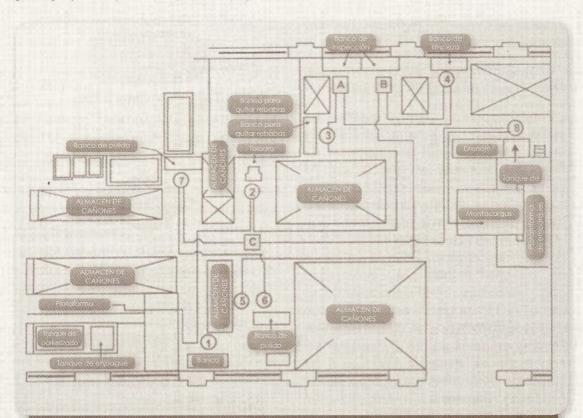
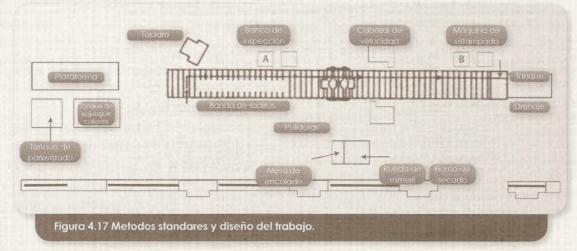


Figura 4.16 Metodos standares y diseño del trabajo.

La siguiente figura, muestra un diagrama de flujo realizado junto con el diagrama



de flujo del proceso, para mejorar la producción del rifle Garand (MI) en Springfield Armory. El cual arrojo resultados en cada turno, aumentando la producción de 500 cañones de rifle a 3.600 cañones con el mismo número de empleados.

El diagrama de flujo de la distribución corregida se muestra a continuación

Por lo visto anteriormente, se dedujo que el diagrama de flujo es un complemento útil del diagrama de flujo del proceso, ya que determina como regresar y las posibles áreas embotelladas, facilitando el desarrollo de una distribución de planta ideal. Con el implemento de la sistematización en las grandes empresas, en las oficinas el trabajo manual se reemplazó de procesamiento sistemas electrónico. Aunque la estandarización de los símbolos para la elaboración de Diagramas de Flujo tardó varios años: con el fin de evitar la utilización de símbolos diferentes para representar procesos iguales, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y el Instituto Nacional Americano de Estandarización (ANSI), generalizaron los símbolos que mayor aceptación tenían en 1985. Los siguientes son los principales símbolos para elaborar Diagramas de Flujo.



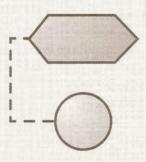
Inicio/Final: se utiliza para indicar el inicio y el final de un diagrama; del inicio solo puede salir una línea de flujo y al final solo debe llegar una línea.



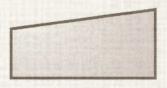
Decisión: indica la comparación de dos datos y dependiendo del resultado lógico (falso o verdadero), se toma la decisión de seguir un camino del diagrama u otro.



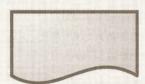
Entrada General: entrada/Salida de datos en general.



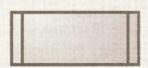
Iteración: indica que una instrucción o grupo de instrucciones deben ejecutarse varias veces.



Entrada por teclado: instrucción de entrada de datos por teclado. Indica que el computador debe esperar a que el usuario teclee un dato que se guardará en una variable o constante.



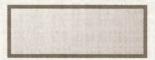
Salida impresa: indica la presentación de uno o varios resultados en forma impresa



Llamada a subrutina: indica la llamada a una subrutina o procedimiento determinado.



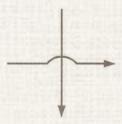
Salida en pantalla: instrucción de presentación de mensajes o resultados en pantalla.



Acción/Proceso General: indica una acción o instrucción general que debe realizar el computador (cambios de valores variable, asignaciones, operaciones aritméticas, etc.)



Conector: Indica el enlace de dos partes de un diagrama dentro de la misma página.



Flujo: indica el seguimiento lógico del diargram. Tambien indica el sentido de ejecución de las operaciones



Conector de página: son los que unen el flujo cuando necesariamente tenemos que continuar en otra página. A diferencia de los anteriores, no van a un punto concreto del diagrama sino que continúan en el lugar en el que se dejó en la página anterior. Los conectores vienen identificados con una letra y un número que indica la página en la que continúa el flujo.

Cuando hubiera varios conectores en una misma página, se identificarán con letras diferentes e incluso con el nombre de la fase en la que continúan, si es posible.

Diagrama de actividades múltiples

Son diagramas en los cuales se registran las actividades de varios objetos de estudio (hombre-máquina-equipo), o cualquier combinación entre ellos; y representan la relación entre el tiempo empleado y el tiempo detenido, es decir, conocer el tiempo utilizado por los hombres y el tiempo utilizado por las maquinas; con el fin de aprovecharlos al máximo, se determina la eficiencia de los hombres como de las maquinas.

En sus diversas representaciones obtiene nombres diferentes. Si las columnas representan a personas, se le puede llamar diagrama de grupo; si unas columnas son personas y otras son máquinas, se le puede llamar diagrama de hombre-máquinas; si una columna representa a la mano izquierda y la otra a la mano derecha, será un diagrama bimanual.

Puede haber dos o más columnas.

El eje de tiempo (dibujado a escala conveniente) puede expresar segundos, minutos u horas. La finalidad de un diagrama de actividades múltiples es mejorar la utilización de una columna. Esta mejora puede significar menos tiempo ocioso, tiempo ocioso rebalanceado o minimización de tiempo ocioso de un componente costoso.

Diagrama de proceso hombre - maquina

Es la representación gráfica de las operaciones en donde intervienen hombres y maquinas. Permite determinar la organización y la eficiencia tanto de las maquinas como de las personas, consiguiendo el aprovechar ambos recursos al máximo. Se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo (una sola operación) a la vez. Por medio de este diagrama se balancean las actividades del hombre y la máquina. Una divergencia común de esta diagrama es donde una persona atiende varias máquinas.

Numerosas maquinas herramientas son completamente automáticas o

semiautomáticas, permitiendo que el operador permanezca ocioso una parte del ciclo. La utilización de este tiempo ocioso puede incrementar el salario del operador y mejorar la eficiencia de la producción. Se conoce como acoplamiento de máquinas, la costumbre de que un trabajador opere más de una máquina. Debido a que el acoplamiento de máquinas aumenta el porcentaje de tiempo de esfuerzo, durante el ciclo de operación, es viable ofrecer mayor salario si una compañía cuenta con un plan de incentivos. porque el operario tiene mayor responsabilidad y puede realizar un mayor esfuerzo físico y mental.

DIAGRAMA DE PROCESO PARA GRUPOS O CUADRILLAS

Es una adaptación del diagrama hombre máquina, en donde varias personas atienden una sola máquina. Y determina el número más económico de máquinas que un trabajador puede operar. Muestra la relación exacta entre los ciclos de operación y ociosos de la máquina y los tiempos de operación y ociosos por ciclo de los trabajadores que la atienden.

Estos diagramas son especiales para el estudio de mantenimientos o maquinaria de grandes proporciones y dejan ver la posibilidad de mejoramiento si se reducen ambos tiempos ociosos.

Las siguientes figuras exponen el diagrama de proceso (actual y propuesto) de grupo para un proceso con numerosas horas ociosas, hasta 18.4 en un turno normal de 8 horas, empleando dos trabajadores más de los necesarios. La compañía introdujo algunos controles al proceso, reasignando los elementos de trabajo disminuyendo de seis a cuatro las personas que operaran la prensa de extrusión. Resultando un ahorro de 16 horas por turno desarrollado mediante el uso del presente diagrama.

Véase Figura 4.18 Metodo actual; en la página siguiente.

Véase Figura 4.19 Metodo propuesto; en la página 297.

Diagrama bi-manual o de mano izquierda-mano derecha

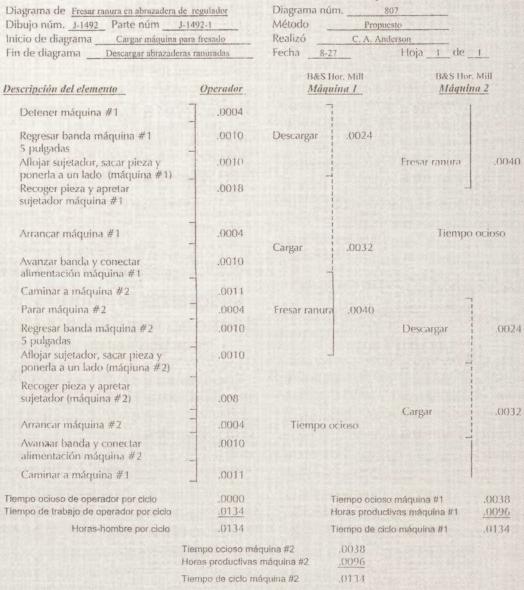
Este diagrama se enfoca en el estudio de cada movimiento de las manos, que a su vez los separa en elementos básicos del movimiento para ser estudiados.

Seemplea en el análisis de operaciones muy repetitivas. Su construcción es similar al diagrama de flujo, solo que se analiza cada movimiento de ambas manos de manera simultánea.

Principios de economía de movimientos

Estas son leyes básicas que permiten identificar ineficiencias en los

DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MÁQUINA



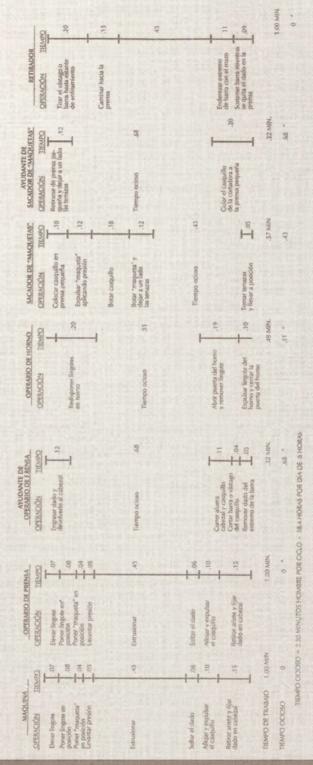


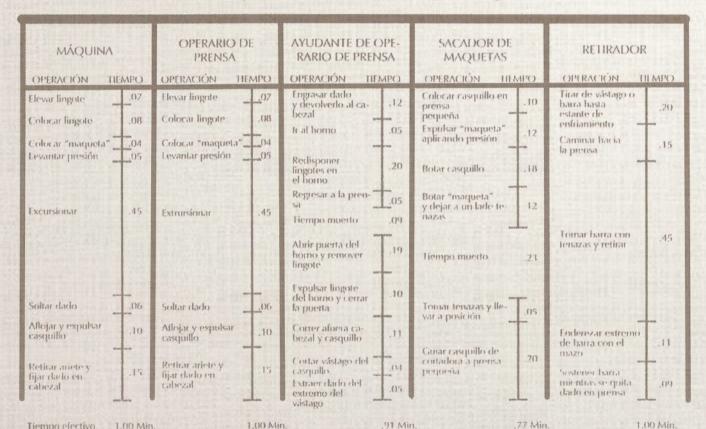
Figura 4.19 Metodo actual.

Tiempo muerto

DIAGRAMA DE PROCESO PARA GRUPO, MÉTODO PROPUESTO

Prensa hidráulica de extrusión Depto. II Elaborado por B.W.N. 4-15 Planta en Bellefonte Diagrama G-85

2 1 Min



.09 Min.



movimientos elementales. Se dividen en tres áreas:

1. Aplicación y uso del cuerpo humano

Los movimientos de las manos deben ser simultáneos y en direcciones opuestas y simultaneas. El ritmo del movimiento debe ser suave, procurando que se adquiera de forma natural y fácil.

2. Organización del área de trabajo:

Debe haber un lugar fijo para los materiales y las herramientas. Los materiales deben ser colocados para llevar la sucesión de los movimientos. El área de trabajo debe ser diseñada para llevar la operación de modo que elimine la fatiga al máximo.

3. Diseño de herramientas y equipo:

Siempre se deben usar guías, plantillas y pedales de tal manera que las manos realicen actividades más productivas. Las manivelas y mangos de las herramientas deben

estar diseñados para obtener la mayor ventaja mecánica del cuerpo, facilitando una adecuada postura.

Modelos matemáticos para la asignación de máquinas a los operarios

Además, que el diagrama hombremáquina enseñe el número de instalaciones que pueden asignarse a un operario, es frecuente el cálculo en menos tiempo mediante el desarrollo de un modelo matemático. Esta relación puede ser de tres tipos:

1. Servicio sincronizado

Lo ideal es que tanto operario como la maquina estuvieran ocupados durante el desarrollo de todo el ciclo, pero al asignar más de una maquina a un operario esto no siempre ocurre. Estos casos ideales también se les conoce como "servicio sincronizado" y el número de máquinas asignadas se puede calcular así:

$$n = \frac{l+m}{l}$$

- n Número de máquinas asignadas al operario.
- Tiempo total de carga y descarga del operario por maquina.
- Tiempo total de operación de m la maquina (alimentación automática).

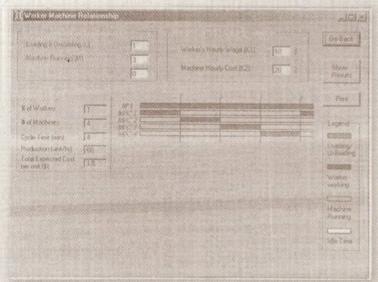
Ejemplo: Se tiene un tiempo de ciclo total de cuatro minutos para procesar un producto medido desde el inicio de la descarga del producto terminado anterior hasta el final del tiempo de ciclo de la máquina. El

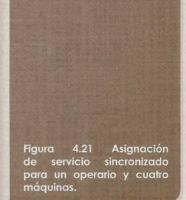
servicio del operario, que incluye la descarga del producto terminado y la carga de materia prima es un minuto, mientras que el tiempo de ciclo de la maquina automática es tres minutos. Reemplazando en la formula anterior, el resultado del servicio sincronizado seria:

$$n = \frac{1+3}{1} = 4 \text{ maquinas}$$

En la figura siguiente se muestra esta asignación, cuando el operario se mueve a la segunda maquina una vez que sirvió a la primera.

En el momento en que sirve la cuarta máquina, el operario debe regresar a la primera para darle servicio, puesto que ha terminado el ciclo de la primera máquina automática.





Si se llegara a aumentar el número de máquinas, ocurre interferencia de máquinas y se tendría una situación en la que una o más instalaciones no se utilizan durante una parte del ciclo de trabajo. Si se reduce a algún número menor que cuatro, entonces el operario estará ocioso una parte del ciclo. En esos casos, el costo total mínimo por pieza representa el criterio de la operación óptima. Para establecer el mejor método, el analista debe evaluar el costo de cada máquina ociosa y el salario por hora de cada operario. Las técnicas cuantitativas pueden determinar el mejor arreglo. El procedimiento es primero estimar el número de máquinas que deben asignarse a un operario en condiciones realistas estableciendo el número entero más pequeño a partir de la siguiente ecuación:

$$n_1 \le \frac{l+m}{l+w}$$

Donde:

W

 n_1 Número entero menor.

Tiempo total del operario (sin interactuar directamente con la máquina, Como al caminar hacia la otra máquina).

El tiempo de ciclo cuando el operario da servicio a n_1 es l+m, ya que en este caso el trabajador no está ocupado

todo el ciclo, pero las instalaciones si lo están.

Una vez obtenidos n_1 , se puede calcular el costo total esperado (CTE) como sigue:

$$CTEn_2 = \frac{(K_1)(n_2)(l+w) + (K_2)(n_2)(n_2)(l+w)}{n_1}$$

= $(l+w)(K_1 + n_2K_2)$

Donde:

costo total esperado en dólares por unidad de producción para una máquina,

salario del operario, en dó- K_1 lares por unidad de tiempo

costo de máquina, en K_2 dólares por unidad de tiempo

Despues de calcular este costo, debe calcularse un costo para n₁+1 máquinas asignadas a un trabajador. En este caso, el tiempo de ciclo depende del ciclo del trabajo del operario, ya que existe tiempo ocioso de la máquina.

El tiempo de ciclo es ahora (n_1+1) (l+w). Sean $n_2=n_1+1$. Entonces el costo total esperado con n_2 instalaciones es:

El número de máquinas asignadas depende de la cantidad de n₁ o n₂que de él menor costo total esperado por pieza.

Servicio aleatorio

Las situaciones de servicio aleatorio se presentan en los casos en los que no se sabe en qué momento necesita atención la instalación o cuánto tiempo dura el servicio. Es normal que se conozcan o se puedan calcular los valores medios; con estos promedios, las leyes de probabilidad resultan ser una técnica útil para determinar el número de máquinas que deben asignarse a un operario.

Lostérminos sucesivos de la expansión binomial dan una aproximación útil de la probabilidad de que se descompongan 0,1,2,3,...,n maquinas (donde n es relativamente pequeño), suponiendo que cada máquina se descompone de manera aleatoria durante el día y que la probabilidad de descompostura es p y la probabilidad de que opere es q=(1-p). Cada término de la expansión binomial se puede expresar como la probabilidad de que se descompongan m máquinas (de n):

$$P(m \ de \ n) = \frac{n!}{m! (n-m)!} p^m q^{n-m}$$

Como muestra se determinara la proporción mínima de tiempo perdido de máquina para distintas cantidades de tornos revolver asignados a un operario, donde la maquina promedio opera sin atención 60% del tiempo. El tiempo promedio de atención del operario (máquina descompuesta o solicita servicio) a intervalos regulares

es 40%. El analista estima que deben asignarse tres tornos por empleado para este tipo de trabajo.

Con este arreglo las probabilidades que se descompongan m maquinas (de n) son:

Maquinas descom- puestas (m) Proba- bilidad	Probabilidad
0	$\frac{3!}{0!3-0!}$ (.4)°(.6)³=(1)(1)(.216)=.216
1	$\frac{3!}{1!(3-1)} (.4)^{1} (.6)^{2} = (3)(.4)(.36) = .432$
2	$\frac{3!}{2!(3-2)}(.4)^2(.6)^1 = (3)(.16)(.6) = .288$
3	$\frac{3!}{3!(3-3)}(.4)^3(.6)^0=(1)(.064)(.1)=.064$

De este modo se puede determinar la proporción de tiempo que las máquinas están detenidas y el tiempo perdido proveniente de un operario por cada tres máquinas. Por lo tanto, se tiene:

Consulte la tabla en la página siguiente.

Proporción de tiempo de ma-= 3.32824.0 = 13.9% quina perdido

Para la asignación de mayor o menor cantidad de máquinas, se pueden efectuar cálculos similares para determinar la asignación que

Número de má- quinas detenidas	Probabilidad	Horas maquinas perdidas por tur- no de 8 horas
0	0.216	0
1	0.432	0*
	0.288	(0.288)(8) = 2.304
2	0.064	(2)(0.064)(8) = 2.034
3	1.000	3.328

*Como solo una maquina está detenida a la vez, el operario puede atenderla

proponga el menor tiempo de maquina perdido. En general, la asignación más satisfactoria es el arreglo que da el menor costo total esperado por pieza, donde para un arreglo dado, este costo se calcula con la expresión:

$$CTE = \frac{K_1 + nK_2}{R}$$

Donde:

 K_1 Salario por hora del operario.

 $\vec{k_2}$ Costo por hora de la maquina.

Número de máquinas asignadas.

R Producción en piezas, de las n máquinas por hora.

Las piezas por hora de las n máquinas se calculan con el tiempo medio por pieza que requiere una máquina, el tiempo promedio de servicio de la maquina por pieza y el tiempo perdido por hora.

En el caso, para la asignación de 5 máquinas a un operario, un analista determino que el tiempo de maquinado por pieza era 0.82 horas, el tiempo para atender la maquina por pieza era 0.17 horas y el tiempo promedio de descomposturas 0.11 horas por maquina por hora. Entonces, cada máquina está disponible para trabajo de producción solo 0.89 horas cada hora. El tiempo promedio requerido para producir una pieza por maquina seria:

$$\frac{0.82 + 0.17}{0.89} = 1.11$$

De este modo, las cinco maquinas producirán 4.5 piezas por hora. Si el salario por hora del operario es \$12 y el costo por hora de la maquina es \$22, se tiene un costo total esperado por pieza de:

$$\frac{\$12.00 + 5(\$22.00)}{4.5} = 27.11$$

Relaciones complejas

La combinación de los servicios descritosanteriormente; el sincronizado y aleatorio, es el más acostumbrado de la relación hombre-máquina. Se observa que el tiempo de servicio es relativamente constante, mientras que el servicio de las maquinas es aleatorio. Aunque se supone que el tiempo entre las alteraciones tiene una distribución de probabilidad dada.

En la medida que aumenta el número de máquinas y su relación con el

operario se torna más compleja, la detención de máquinas y los tiempos de retraso invariables se incrementa.

Experimentalmente, el detenimiento de máquinas, sucede en un comienzo de 10 a 30% del tiempo total de trabajo, con extremos hasta 50%. Para manejar este tipo de eventos, se han desarrollado varios enfoques.

Para el caso en estudio, uno de estos enfoques supone una carga de trabajo esperada para el operario apoyada en el número de las maquinas asignadas y el tiempo medio de operación y el tiempo medio de servicio de las máquinas, se recomienda el uso de las curvas empíricas de la siguiente figura.

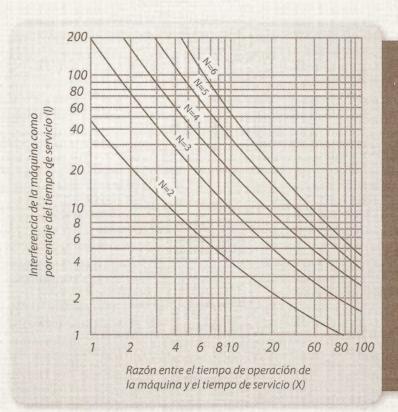


Figura 4.22 Interferencia de máquina como porcentaje del tiempo de servicio cuando el número de máquinas asignadas a un operario es 6 ó menos.

Se puede usar la fórmula de Wright (Wright, Duvall y Freeman, 19369, para siete máquinas o más:

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

donde:

- I Interferencia, expresada como porcentaje del tiempo promedio de servicio.
- X Razón entre el tiempo medio de operación de la máquina y el tiempo promedio de servicio.
- N número de máquina asignadas a un operario

Método de Ascroft

Ascroft (1950), uso teoría de colas con la hipótesis de que el tiempo entre las alteraciones tiene una distribución exponencial: elaboro tablas para determinar la eficiencia de la maquina en función de:

K=I/m

donde:

Tiempo de servicio.

m Tiempo de operación de maquina.

El tiempo de ciclo total para producir una pieza es:

c=m+l+i

donde:

c Tiempo de ciclo total.

Tiempo de interferencia de maquina.

En las tablas (Que econtrara final de este capítulo) los valores de los tiempos de operación e interferencia de la maquina están dados como porcentaje del tiempo de ciclo total. Asimismo, cualquier tiempo del operario o de caminata (w) debe incluirse como parte del tiempo de servicio.

Ejemplo: Calculo del tiempo de interferencia de la maquina

Se asignan husos a un operario para la producción de bobinas. Los datos obtenidos luego de un previo estudio con cronometro son: Tiempo medio de la maquina 150 minutos y el tiempo medio de servicio estándar por paquete, es 3 minutos.

El tiempo medio de atención del operario es:

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

$$= 50 \left[\sqrt{\left(1 + \frac{150}{3.00} - 60\right)^2 + 120} - \left(1 + \frac{150}{3.00} - 60\right) \right]$$

$$I = 50 \left[\sqrt{(1+50-60)^2 + 120} - (1+50-60) \right]$$

$$I = 1159\%$$

Así se tendría:

Tiempo de operación de 150 min. la maquina

Tiempo de servicio 3.0 min.

Con el método de Ashcroft

K=I/m K= 3/150= 0.02 N=60

Utilizando la tabla de Ashcroft, con un tiempo de servicio exponencial K=0.02 y N=60, se tiene un tiempo de interferencia de la máquina de 16.8% del tiempo de ciclo. Donde, T_i = 0.168c es el tiempo de ciclo para producir una unidad por huso. Entonces:

c=m + l + i c=150+3.00+0.168c 0.832c=153 c=184 minutos T= 0.168c=30.9 minutos

El tiempo'de interferencia calculado utilizando la ecuación es de 34.77, muy cercano al desarrollado con el método de Ascroft (30.9 min.).

Sin embargo, cuando disminuye la n (el número de máquinas asignadas), la diferencia proporcional entre las dos técnicas aumenta.

Análisis de la producción-Balanceo de línea de ensamble

Mientras que la línea de fabricación construye componentes, es decir, llantas para automóviles, partes para electrodomésticos, en una serie de máquinas. Una línea de ensamble junta todas sus partes fabricadas (componentes) en una serie de estaciones de trabajo; si hay componentes defectuosos o faltantes se puede interrumpir la función de ensamble.

La idea fundamental es que un producto se arma de forma progresiva durante su paso frente a las estaciones de trabajo fijas, por un dispositivo de manejo de materiales, es decir, una banda transportadora. Los elementos de trabajo, establecidos de acuerdo con el principio de la división del trabajo, se asignan a las estaciones de manera que todas ellas tengan casi siempre, la misma cantidad de trabajo.

A cada trabajador en su estación, se le asignan determinados elementos y los lleva a cabo una y otra vez en cada unidad de producción mientras pasa a su estación.

El problema de diseño referente a establecer formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se le conoce como balanceo de líneas; debido a que ambas líneas ejecutan procesos repetitivos y estas deben ser balanceadas, es decir el trabajo realizado en una máquina debe balancear el trabajo a realizarse en la siguiente máquina de la línea de fabricación, del mismo modo en que se debe balancear la actividad realizada por un operario o trabajador en una estación de trabajo, dentro de una línea de ensamble; actividad que también debe realizarse en la siguiente estación de trabajo por el operario siguiente.

Términos utilizados en una línea de ensamble

Elemento de trabajo. Es la mayor unidad de trabajo que no puede dividirse entre dos o más operarios sin crear una interferencia innecesaria entre los mismos.

Operación. Es un conjunto de elementos de trabajo asignados a un puesto de trabajo.

Puesto o estación de trabajo. Es un área adyacente a la línea de ensamble, donde se ejecuta una cantidad dada de trabajo (una operación). Usualmente suponemos que un puesto o estación

de trabajo está a cargo de un operario, pero esto no es necesariamente así.

Tiempo de ciclo. Es el tiempo que permanece el producto en cada estación de trabajo.

Demora de balance. Es la cantidad total de tiempo ocioso en la línea que resulta de una división desigual de los puestos de trabajo.

Existen ciertas situaciones referentes a la cantidad, equilibrio y continuidad 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. Esta obedece al ritmo de producción y a la duración de la actividad o labor.
- Equilibrio. Debe haber gualdad en los tiempos necesarios para cada operación en línea
- Continuidad. Deben tomarse las medidas pertinentes que aseguren el aprovisionamiento continuo del material, piezas, sub-ensambles,



etc., y la prevención de fallas de equipo.

Los casos típicos de balanceo de línea de producción son:

- Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operarios necesarios en cada operación.
- Conocido el tiempo de ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo.
- Conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a la misma.

El diagrama de proceso de grupo, resuelve el problema referente a determinar el número ideal de trabajadores que deben asignarse a una línea de producción y a su vez al de determinar el número de operarios asignados a una estación de trabajo.

La situación más elemental que surge con frecuencia en el balanceo

Figura. 4.24 Métodos estándares y diseño del trabajo.

de líneas es donde se encuentran varios operarios, cada uno realizando operaciones consecutivas y trabajan como una unidad. En este caso, la tasa de producción depende del operario más lento.

Ejemplo: En una empresa, se tiene una línea de cinco trabajadores que ensamblan monturas de hule fijadas con adhesivo antes del proceso de curado. El operario 3 determina el paso. Las asignaciones de trabajo específicas se observan en la tabla al final de la página:

La eficiencia de esta línea se puede calcular como la razón de los minutos estándar reales totales entre los minutos estándar permitidos totales mediante la ecuación:

$$E = \frac{\sum_{1}^{5} ME}{\sum_{1}^{5} MP} \times 100 = \frac{2.61}{3.25} \times 100 = 80\%$$

Operario	Minutos están- dar para realizar la operación	Tiempo de espe- ra según el ope- rario más lento	Minutos están- dar permitidos
1	0,52	0,13	0,65
2	0,48	0,47	0,65
3	0,65		0,65
4	0,41	0,24	0,65
5	0,55	0,10	0,65
Totales	2,61		3,25

Donde:

E Eficiencia.

ME Minutos estándar por operación.

MP Minutos estándar permitidos por operación.

Algunos analistas prefieren considerar el porcentaje de tiempo ocioso como porcentaje inactivo:

% de inactividad =
$$100 - E = 20\%$$

En situaciones habituales, similares a este ejemplo, se pueden obtener ahorros significativos. En el caso del operario 3, si el analista puede ahorrar 0.10 minutos, el ahorro neto por ciclo seria:

$$0.10x5 = 0.50 \text{ minutos}$$

La línea lograra un balance perfecto en situaciones excepcionales, cuando los minutos estándar sean similares para cada miembro del equipo. Aunque los minutos estándar, no pueden verse como tal, porque solo lo es para el operario que lo establece. En el caso en estudio, el operario 3 tiene un tiempo estándar de 0.65 minutos para desarrollar la primera operación, mediante el proceso de medición del trabajo, otro analista pudo haber obtenido una dato menor de 0.61 minutos o mayor a los 0.69 minutos. El intervalo de valores

estándares establecidos por diferentes analistas de medición del trabajo en la misma operación puede ser mucho mayor que el sugerido en el caso objeto de estudio. Lo importante, es que aunque el estándar oscile entre los 0.61, 0.65 o0.69, un operario en condiciones normales no debe tener dificultad alguna para lograrlo, es más, quizás lo mejore si tiene en cuenta el desempeño de los operarios en la línea que tienen menor contenido de trabajo en sus asignaciones. Los operarios que mantienen un tiempo de espera, obligado por la producción del operario más lento, no se observa como espera, por el contrario, minimizan el paso de sus movimientos para usar los minutos estándar establecidos por ese operario.

El número de trabajadores necesarios para lograr la tasa de producción requerida es igual a:

$$N = R X \sum MP = R \times \frac{\sum ME}{E}$$

donde:

N Número de operarios necesarios en la línea.

R Tasa de producción deseada.

Para el caso, se supone que se tiene un nuevo diseño y debe establecerse su línea de ensamble. Actúan ocho operaciones diferentes. Se estima una producción por línea de 700 unidades por día, se desea reducir el espacio del almacén, por lo tanto su producción no debe exceder de las 700 unidades diarias. Los minutos estándar de las ocho operaciones basados en datos históricos se muestran en la siguiente tabla:

Operario	Minutos estándar	Minutos/estándar —————— Minutos/unidades	Núm. de operarios
Operario 1	1.25	1,83	2
Operario 2	1,38	2,02	2
Operario 3	2,58	3,77	4
Operario 4	3,84	5,62	6
Operario 5	1,27		2
Operario 6	1,2/	1,86	Z
Operario 7	1,29	1,88	2
Operario 8	2,48	3,62	4
Total	15,37	1,82	24

Para proyectar esta línea de ensamble a un bajo costo, se estima de número de operarios necesario para un nivel de eficiencia dado (idel, 100%) a continuación:

Con una eficiencia más objetiva de 95%, se obtiene el siguiente número de operarios 22.4/0.95 =23.6, como estamos hablando de operarios por aproximación, se establecen la línea con 24 trabajadores.

Se continúa con la estimación del número de operarios para cada una de las ocho operaciones. Las 700 unidades de trabajo requieren un día, asimismo será necesario producir una unidad en alrededor de 0.685 minutos (480/700).

El número de operarios requerido para cada operación se estima dividiendo los minutos permitidos para producir una pieza entre los minutos estándar de cada operación (ver tabla).

Con el fin de identificar la operación más lenta, se divide el número estimado de operarios entre los minutos estándar para cada una de las ocho operaciones, como lo muestra la siguiente tabla.

De los resultados obtenidos, se observa que la operación 2 es la que

Operario 1	1,25/2	=0,625
Operario 2	1,38/2	=0,690
Operario 3	2,58/2	=0,645
Operario 4	3,84/6	=0,640
Operario 5	1,27/2	
Operario 6	1,29/2	=0,635
Operario 7	2,48/4	=0,620
Operario 8	1,28/2	=0,640

determina la producción de la línea. Para el caso seria:

$$\frac{2 \text{ operaciones } \times 60 \text{min}}{3.38 \text{ minutos estandar}} = 87 \frac{\text{piezas}}{\text{hora}} \stackrel{\text{o 696}}{\text{piezas}} \\ \text{por día}$$

Si resulta incongruente esta tasa de producción, se requiere un aumento de la producción del operario 2. Esto se logra por medio de:

- Uno o ambos operarios de la segunda operación trabajando tiempo extra para almacenar un pequeño inventario en esta estación de trabajo,
- 2. El uso de los servicios de un tercer trabajador de tiempo parcial en la estación de trabajo 2,
- 3. La asignación de parte del trabajo de la operación 2 a la estación 1 o la 3 (sería preferible asignar más trabajo a la operación 1),
- La mejora del método en la operación 2 para disminuir el

tiempo de ciclo en esa estación de trabajo.

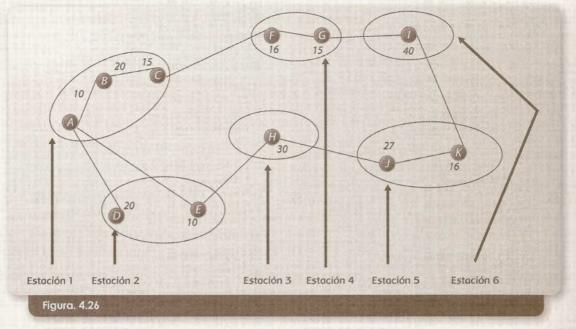
Para dar cumplimiento a un programa de producción deseado, en el caso anterior, dados el tiempo de ciclo y los tiempos de operación el analista puede fijar el número de operarios necesarios para cada operación.

Dado el tiempo de ciclo deseado, el problema de asignación de trabajo a una línea de producción puede reducir el número de estaciones de trabajo, o al contrario, con el número de estaciones de trabajo, se pueden asignar los elementos de trabajo a las estaciones, dentro de las condiciones implantadas en la minimización del tiempo de ciclo.

Compartir los elementos de trabajo, resulta una estrategia importante en el balanceo de la línea de ensamble. Dos o más operarios con algún tiempo ocioso en su ciclo de trabajo pueden compartir el trabajo de otra estación para lograr mayor eficiencia en toda la línea.

En la siguiente figura, se muestra una línea de ensamble con seis estaciones de trabajo. La estacion1 cuenta con tres elementos, A, B y C, con un total de 45 segundos. Los elementos B, D y E no pueden iniciar hasta que A termina, aunque B, D, y E pueden ocurrir en cualquier orden.

El elemento H, puede ser compartido entre las estaciones 2 y 4 con un incremento de solo un segundo en el tiempo de ciclo (de 45 a 46 segundos), al mismo tiempo que se ahorran 30



segundos por unidad ensamblada. Se observa, que el compartir elementos puede aumentar el manejo de materiales, debido a que las entregas se realizan en más de un lugar. También es posible, que los costos se incrementen por la duplicidad de herramientas.

Otra alternativa, para mejorar el balanceo de una línea de ensamble es dividir un elemento de trabajo. Observando la figura 2-20, el elemento H se puede fraccionar o dividir, evitando tener la mitad de las parte en la estación 2 y la otra mitad en la estación 4.

Con frecuencia, no resulta económico dividir un elemento. Un ejemplo seria atornillar ocho tornillos de maquina con un desarmador eléctrico. Cuando el operario coloca las partes en el dispositivo, obtiene el control de la herramienta y la pone a funcionar. Lo apropiado es que solo un operario

atornillara los ocho tornillos y no solo una parte dejando el resto a otro operario.

Siempre que los elementos se puedan dividir, se conseguirán estaciones de trabajo mejor balanceadas. Además, una secuencia de ensamble diferente, producirá resultados más favorables.

Normalmente, el diseño del producto establece la secuencia de ensamble, aunque no deben desconocerse las alternativas. Un excelente balanceo de las líneas de ensamble no solo resulta menos costoso, sino que es beneficioso porque ayuda a mantener y conservar un buen ambiente laboral por parte de los trabajadores.

Con los últimos cambios tecnológicos, el mercado ofrece diversos paquetes de software muy completos y prácticos, los cuales desarrollan los pasos vistos de forma automática.

ANÁLISIS OPERACIONAL

El análisis operacional es un procedimiento empleado para analizar todos los elementos que afectan al método con que se realiza una operación para alcanzar su mejoramiento. Su principal objetivo es idear procedimientos para incrementar la producción por unidad de tiempo y minimizar los costos unitarios mientras se mejora la calidad.

Se logrará proyectar un centro de trabajo eficiente, utilizando una actitud interrogante en todos los aspectos operacionales en cada estación de trabajo, en las estaciones que dependan de esta, y del diseño del producto.

La competencia a nivel global, exige un detallado estudio continuo de un determinado bien servicio, con el fin de mejorar los procesos de fabricación y logísticos, y para que una parte de las utilidades vayan al consumidor en forma de un excelente bien o servicio a bajo costo. Esto hace que el proceso continuo de mejora debido a la competencia, inicie un nuevo ciclo en el cual el fabricante en cuestión inspecciona sus operaciones y mejora sus procesos de fabricación, facilitando nuevamente mejoras en las empresas competidoras. Por lo tanto, para que una empresa logre su estabilidad en el mercado, debe estar en continuo movimiento y aprovechamiento de sus recursos.

La oferta y la demandan juegan un papel muy importante cuando de economizar se trata. El volumen de productos que se consumen es inversamente proporcional al precio de venta; a medida que se implantan mejoras que originan ahorros sustanciales, se acrecienta el mercado al reducir el precio de venta, quedando demostrado en repetidas ocasiones, con la venta de automóviles, electrodomésticos, equipos electrónicos, y muchos otros productos: mientras su avance permitía la reducción de costos, aumentaba el número de compradores. El aumento de productividad traía consigo nuevas economías, que a su vez daban como resultado precios más bajos, los cuales hacían que aumentaran de nuevo la producción. Quedando los productos al alcance de un mayor número de compradores cada vez que su precio se reduzca hasta en un 5%.

Por otra parte, como el procedimiento del análisis sistemático es aplicable a todas las actividades de fabricación, administración de empresas y servicios estatales, y si se utiliza adecuadamente. se espera que origine un método mejor para el desarrollo del trabajo simplificando los procedimientos operacionales y el manejo de materiales y haciendo más efectivo el uso del equipo, incrementando la producción y reduciendo el costo por unidad, que permita mantener la calidad y minimizar los efectos de falta de táctica laboral; despertando el entusiasmo de los trabajadores al mejorar sus

condiciones de trabajo, reduciendo la fatiga, brindándoles la oportunidad de obtener mayores retribuciones.

Enfoque del análisis de operaciones

La mayoría de los directores o administradores de empresas. habitualmente opinan que problemas son únicos, por lo tanto consideran que el nuevo método implementado resulta poco práctico. Sin embargo, la realidad demuestra lo contrario, todo trabajo, bien sea administrativo, productivo, técnico o de cualquier otro tipo, son semejantes. Los esposos Gilbreth llegaron a la conclusión que un trabajo productivo o no productivo, se desarrollaba utilizando combinaciones de 17 movimientos básicos a los que llamaron terbligs:

- 1. Buscar: es elemento básico de la operación de localizar un objeto. Buscar es un therblig que el analista debe tratar de eliminar siempre. Las estaciones de trabajo bien planeadas permiten que el trabajo se lleve cabo continuamente, de manera que no es preciso que el operario realice este elemento.
- 2. Seleccionar: este es el therblig que se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza dentro de dos más semejantes. Este therblig sigue, generalmente, al de "buscar" y es difícil determinar exactamente, aún mediante el método detallado

- de los micromovimientos, cuando termina la búsqueda y empieza la selección. La selección puede clasificarse dentro de los therbligs ineficientes y debe ser eliminada del ciclo de trabajo por una mejor distribución en la estación de trabajo y un mejor control de las piezas.
- 3. Tomar: este es un movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza o parte para agarrar en una operación. El tomar es un therblig eficiente, por lo tanto, no puede ser eliminado, sin embargo en muchos casos se puede mejorar. El "tomar" casi siempre precedido de "alcanzar" y seguido de "mover". Estudios detallados han manifestado que existen varias formas de asir, unas requieren tres veces más tiempo que otras. Debe tratarse de reducir al mínimo el número de operaciones de aprehensión durante el ciclo de trabajo, y las piezas a tomar o coger deben estar dispuestas a manera que pueda emplearse el tiempo más simple de asir o agarrar.
- 4. Alcanzar: el therblig "alcanzar" ingresa en el instante en que la mano se mueve hacia un objeto o sitio, y finaliza en cuanto se detiene el movimiento al llegar al objeto o al sitio. Este elemento va precedido casi siempre de los terbling "soltar" seguido de "tomar". Es natural que el tiempo requerido para alcanzar

dependa de la distancia recorrida por la mano. Este tiempo también depende, en cierto grado, del tipo de alcance. Como tomar, Alcanzar puede clasificarse como un therblig objetivo y, por lo general, no puede ser eliminado del ciclo de trabajo; aunque , si puede ser reducido acortando las distancias requeridas para alcanzar y dando ubicación fija a los objetos.

- en cuanto la mano con carga se mueve hacia un sitio o ubicación general, y termina en el instante en que el movimiento se detiene al llegar a su destino. Mover esta precedido casi siempre de asir o agarrar y seguido de soltar o colocar en posición. El tiempo requerido para mover depende de la distancia, del peso que se mueve y del tipo de movimiento. Mover es un therblig objetivo y se dificulta su eliminación del ciclo de trabajo.
- 6. Sostener: esta es la división básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta el trabajo útil. "Sostener" es un therblig poco útil y puede eliminarse. El sostener comienza en el instante en que una mano ejerce control sobre el objeto, y termina en el momento en que la otra completa su trabajo sobre el mismo.
- 7. Soltar: se inicia en el momento en el que los dedos comienzan a

- separase de la pieza sostenida, y termina en el instante en que todos los dedos quedan libres de ella. Este therblig va casi siempre precedido por mover o colocar en posición y seguido por alcanzar.
- 8. Colocar en posición: Es el elemento de trabajo que consiste en situar o colocar un objeto de modo que quede orientado propiamente en un sitio específico. El therblig "colocar en posición" tiene efecto como duda o vacilación mientras la mano, o las manos, tratan de disponer la pieza de modo que el siguiente trabajo puede ejecutarse con más facilidad, de hecho, colocar en posición puede ser la combinación de varios movimientos muy rápidos.
- Precolocar en posición: este es un elemento de trabajo que consiste en colocar un obieto en un sitio predeterminado. de manera que pueda llevarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite. La precolocación en posición ocurre frecuentemente junto con otros therbligs, con frecuencia es el "mover". Es la división básica que dispone una pieza de manera que quede en posición conveniente a su llegada. Es difícil medir el tiempo necesario para este elemento, es un therblig que difícilmente puede ser aislado.
- Inspeccionar: este therblig es un elemento incluido en la operación

para asegurar una calidad aceptable mediante una verificación regular realizada por el trabajador que efectúa la operación. Se realiza una inspección cuando el fin principal es comparar un objeto dado con un patrón o estándar. El tiempo necesario para la inspección depende en primera instancia de la severidad de la comparación con el estándar, y de lo que la pieza en cuestión es parte del mismo.

- 11. Ensamblar: el elemento
 "ensamblar" es la división básica
 que ocurre cuando se reúnen
 dos piezas secuenciales. Es otro
 therblig objetivo y puede ser más
 fácil mejorarlo que eliminarlo. El
 ensamblar suele ir precedido de
 colocar en posición o mover, y
 generalmente va seguido de soltar.
 Comienza en el instante en el que
 las dos piezas a unir se ponen en
 contacto, y termina al completarse
 la unión.
- 12. Desensamblar: este elemento es precisamente lo contrario de ensamblar. Ocurre cuando se separan piezas secuenciales unidas. Esta división básica generalmente va precedida de asir y puede estar seguida por mover o soltar. Él desensamble es de naturaleza objetiva y las posibilidades de mejoramiento son más probables que la eliminación del therblig. Él desensamble comienza en el momento en el que una o ambas manos tienen el control del objeto

- después de cogerlo, y termina una vez que finaliza él desensamble o separación de las piezas, que generalmente lo evidencia el inicio de mover o soltar.
- 13. Usar: este therblig es completamente objetivo y tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto, durante la parte del ciclo en que se ejecuta trabajo productivo. La duración de este therblig depende de la operación, así como de la destreza del operario. El usar se detecta fácilmente, ya que este therblig hace progresar la operación hacia su objetivo final.
- 14. Demora (o retraso) inevitable:
 la dilatación inevitable es una
 interrupción que el operario no
 puede evitar en la continuidad del
 trabajo. Es el tiempo muerto en
 el ciclo de trabajo experimentado
 por una o ambas manos, según la
 naturaleza del proceso.
- 15. Demora (o retraso) evitable: todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, de forma intencional o no intencional, se clasifica bajo el nombre de demora retraso evitable.
- 16. Planear: el therblig"planear" es el proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para fijar la acción a seguir. Planear puede surgir en cualquier etapa del ciclo y se descubre con facilidad en forma

de vacilación o duda; después de haber localizado todos los componentes. Este therblig es característico de la actuación de los operarios principiantes y por lo general se eliminan del ciclo mediante un adecuado entrenamiento al personal.

17. Descanso (o hacer alto en el trabajo): este retraso es esporádico en un ciclo de trabajo, pero suele aparecer de forma periódica como una necesidad que experimenta el operario de reponerse a la fatiga. La duración del descanso para sobrellevar la fatiga variará, como es natural, según la clase de trabajo y según las características de quien lo ejecuta.

Sin embargo, sea cual fuere la operación ejecutada, cuando se considera a la luz de sus divisiones básicas, será muy semejante a otras. Este hecho, de que los trabajos sean semejantes en algunos aspectos, fortalece el principio de, si los métodos pueden mejorarse en una fábrica u oficina existirán un mayor número de oportunidades para mejorar los métodos en todas las demás. La resistencia al cambio es uno de los obstáculos más fuerte de vencer durante la implementación de un programa de mejoramiento.

El analista de métodos, en respuesta a la resistencia, gestionara un adecuado ambiente de participación, comprensión y cordialidad. Buscará los conocimientos de cada quien acerca de su propio trabajo y solicitara su ayuda para generar las respectivas mejoras. Además vigilara la apertura de todos los medios de comunicación y su correcta utilización, de manera que todo el personal que resulte afectado por el posible cambio este informado, manteniendo una actitud vehemente hacia el mejoramiento.

Los siguientes factores, son las razones principales que paralizaron o atrasaron las actividades de mejoramiento continuo, según un estudio reciente:

- Desconocimiento del programa por todos los empleados
- No comprender el por qué y el cómo se hace.
- 3. Inadecuado adiestramiento.
- Planeación inadecuada del programa.
- **5.** Falta de cooperación entre áreas funcionales.
- **6.** Falta de coordinación entre áreas funcionales por equipos.
- Resistencia al cambio por parte de la administración de nivel medio.
- Privación de retribución e incentivos adecuados.
- **9.** Carencia de aptitudes de liderazgo para el cambio de cultura.

Aunque, el analista de métodos o el ingeniero industrial, tiene a su alcance una amplia variedad de herramientas para usar cuando proyecta una mejora de métodos. Seleccionando las herramientas adecuadas, se logrará expresar que los ahorros que producirá el estudio deben igualar o exceder el costo de hacer el estudio. El directivo y el ingeniero industrial deben fijar que herramientas usar y en que extensión deben ser usadas cada una, sobre la base de su estimación del grado de mejora de los métodos que es posible en el puesto de trabajo que va a estudiar.

De igual manera, el amplio número de herramientas o medios disponibles puede ser combinado de muchas maneras; desde el punto de vista práctico, pueden ser combinados para obtener seis clases de estudios de métodos que, solo con mínimas modificaciones, pueden ser utilizados en todo tipo de actividad. Estos seis tipos son:

- 1. Análisis escrito usando gráficos de proceso y gráficos de análisis operacional. Análisis de métodos mediantetiempospredeterminados (MTM). Análisis detallado de todos los dispositivos, herramientas y equipo de automatización disponible. Métodos de formación de los operarios utilizando sistemas audiovisuales.
- Análisisescritoutilizando diagramas de análisis operacional. Análisis de métodos aplicando el MTM. Análisis de todas las herramientas y equipo. Métodos de formación de los operarios por supervisores

- o entrenadores familiarizados con el procedimiento MTM. Dar a los operarios instrucciones escrita de método MTM.
- 3. Análisis mental usando los puntos descritos como guía del diagrama de análisis operacional. Análisis de métodos basado en los datos de MTM-GPD. Adiestramiento del operario dado por supervisores o entrenadores familiarizados con el procedimiento MTM.
- 4. Análisis de puesto de trabajo para múltiples clases de trabajo, usando diagramas de proceso y graficas de análisis operacional para tareas definidas. Análisis de métodos de tareas específicas, usando MTM para determinar los mejores métodos. Formación del operario en tareas específicas por supervisores o entrenadores adaptados al MTM:
- 5. Análisis mental durante la visión general de la clase de trabajo, usando los puntos del gráfico de análisis operacional como guía. Análisis de métodos usando datos de tiempos predeterminados de segunda generación. Adiestramiento del operario en el uso de herramientas normalizadas para esa clase de trabajo, por supervisores adaptados al MTM.
- 6. Uso de datos de tiempos predeterminados de segunda generación.

Factores que determinan el método a emplear

Existen tres factores principales que determinan la clase y cantidad de estudios que pueden ser comprobados en cualquier tarea o clase de trabajo, los cuales deben ser considerados en conjunto al seleccionar el método a utilizar, debido a que ninguno de ellos en forma particular es suficiente para tomar una decisión:

Reiteración: Para el objetivo de determinar el campo de aplicación de los diversos métodos de estudio, la reiteración o frecuencia de la tarea o clase de trabajo puede ser dividida en cuatro clases: alta, media, baja, y muy baja (lotes muy pequeños o fabricación no en serie). Y pueden servir como guía en la fijación de la frecuencia o reiteración de la clase de trabajo que se razona:

Alta. Una tarea o clase de trabajo puede ser considerada de alta reiteración si ocurre por lo menos 2000 veces al año y requiere no menos de un total de 1000 horas para ejecutarla.

Media. Puede decirse que una tarea o clase de trabajo es semireiterativa si sucede por lo menos 500 veces al año a seis meses.

Baja. Puede decirse que una tarea o clase de trabajo es de baja reiteración si ocurre por lo menos 50 veces al año y dura de dos semanas y no se espera que se repita en un futuro próximo.

Los enunciados anteriores son simplemente una guía; puesto que en muchos casos la tarea o clase de trabajo no encajara en algunas de ellas puntualmente. Requiriendo la aplicación del sentido común para su aplicación.

Atención humana. Este factor guarda una importante trascendencia sobre el tipo de estudio a realizar. Este término comprende cualquier parte de la tarea parte de la tarea o trabajo que es realizado de forma manual y además abarca el tiempo en que el operario debe estar atento a la instalación o correcto funcionamiento de máquinas, aunque estas no requieran de la ejecución de movimientos manuales

Este factor se clasifica como alta, media o baja de acuerdo a la atención humana requerida por una tarea o trabajo. Se habla de condición máxima cuando todas las partes de la tarea o trabajo son realizadas por el operario a mano o con una herramienta manual muy simple. La condición mínima se provoca cuando la tarea es realizada de forma automática por la máquina, cuando la máquina para por sí misma y señala al operario si hay algún fallo, sin necesidad que la atención del operario este continuamente centrada en la máquina. La clasificación de cualquier tarea con respecto a la atención humana se realiza así:

Alta. Donde se requiere más del 75% del tiempo de la atención humana para una tarea o trabajo individual.

Media. Donde el tiempo requerido oscila entre el 25% y el 75% de la atención humana necesaria para una tarea o trabajo individual.

Baja. Donde la atención humana requerida es inferior al 25% del tiempo.

Vida de la tarea. Complementa el otro factor que debe ser considerado junto a la reiteración y la atención humana. Los estudios de métodos muy definidos son costosos la línea directiva o el responsable deben determinar si la vida estimada de la tarea justifica o no el gasto; esta puede ser clasificada por periodos cortos y largos de tiempo: más de doce meses, de seis a doce meses y menos de seis meses.

Plan del análisis de operación

Como se mencionó con anterioridad, resulta valioso el uso de un procedimiento sistemático para alcanzar recursos de consideración. Siendo el primer paso la obtención de toda la información relacionada con el volumen de trabajo previsto. Esta información comprenderá todas las operaciones, las instalaciones que se utilizan en el desarrollo de las operaciones y los tiempos de operación, todos los traslados o transportes, los medios que se emplean para estos y las distancias recorridas;

todas las inspecciones, sus medios y los tiempos respectivos; todos los almacenamientos, sus instalaciones y el tiempo asignado; la totalidad de las operaciones con proveedores y los precios de sus cotizaciones; y por ultimo todas las especificaciones y dibujos de diseño, y deberá ser presentada en forma adecuada para su estudio, mediante el diagrama de flujo de proceso.

Una vez terminado el diagrama de flujo de proceso, el analista reconoce el problema con miras hacia el mejoramiento. Una de las técnicas utilizadas con frecuencia en el análisis de métodos es la preparación de una hoia de análisis de operación, para registrar y dirigir preguntas acerca de la actividad que se representa en el diagrama de proceso; este análisis escrito presenta varias ventajas claras, el hecho de registrar de forma secuencial las respuestas a cada cuestionamiento, asegurara que se dé la consideración correcta a cada factor, comprobando y sirviendo de apoyo a las sugerencias hechas para la mejora de la tarea o clase de trabajo. Como se muestra en el siguiente ilustración (Consulte la página siguiente).

Por lo general, una mejora conduce a otra. El analista debe ejercer una destreza innovadora si anhela alcanzar el éxito en este tipo de trabajo. Este control brindara, instrucción precisa en métodos a supervisores y superintendentes de fábrica. El corolario de preguntas realizadas,

cha conienzoDepartamento		
bujo o espec	Material	
eripción de la pieza		
rración		
ducción snuaiVida esperadaCoste snusi m	iano de obra por 3,0001 h.	
DETERMINAR Y DESCRIBIR	DETALLE DE ANALISIS	ACCI
I. OBJETIVO DE LA OPERACION	¿Es necesaria ia operación?	
	¿Logra ia operacion el	
	resultado buscado? ¿Puede eliminarse la operación	
	mejorando is operación	
	precedente?	
	¿El suministrador del material puede realizar la operación más económicamente?	
	¿La operación puede obtener re-	
	sultados adicionales para simpli- ficar las operaciones siguientes?	
DISEÑO DE LA PIEZA (mejoras sugeridas, hacer esquema cuando sea		
necesario)	¿Son necesarias todas las piezas?	
	¿Podrian ser sustituidas por piczas standards?	
	¿Permite el diseño menos caste de proceso y montaje?	
	¿De que características de diseño hacen uso los competidores?	
	Permitirá el diseño una automación eventual?	
3. ANALISIS DE PROCESO (Hacer una lista de todas las operaciones		
renizadas sobre la pieza). N." Descripción Puesto de trabajo Doto.		
1.	¿Poede ser eliminade la operación	
2	anelizade? 2ser combinade con nira?	
3	; ser realizada durante el período	
4	de otra?	
5.	es la major posible?	
6	¿Puede hucerse is operación en	
7.	otro dpto, para ahorrar coste o transporte?	
8.		
9		3 (50,000)

4. EXIGENCIAS DE INSPECCION	是是自由自由
Tolerancias y especificaciones Procedimientos de Inspección (mejoras sugeridas)	Las tolerancias, acabado, concesiones y otras exigencias son necesarias? ¿demasiado costosas? ¿proporcionadas al objetivo? ¿Puede ser usado el control estadístico de calidad? ¿El procedimiento de inspección
	es efectivo y eficiente?
5. MATERIAL (sugerir mejor material)	
	Considerar dimensiones, adaptabili- dad, adecuación y otras condiciones
¿Como puede reducirse el coste de los desperdicios?	¿Puede ser sustituido por material más barato? ¿Modificaciones de herramientas permitirán el uso de materiales más ligeros o más delgados?
Elaboracion de los materiales	¿Un material más caro reduciria los costes de mecanizado) proceso? ¿Es adecuado el embalaje?
MANIPULACION DEL MATERIAL (mejoras sugeridas) Traído por	
	¿Pueden ser entregados directa- mente en el lugar de trabajo los materiales que llegan?
Movido por	¿Pueden usarse señales de luz o timbres para notificar a los manipuladores que los materiales están preparados para ser movidos?
Transportado al lugar de trabajo por	¿Pueden utilizarse gruas, transporta- dores por gravedad, cestones de bandejas o carretilias especiales? Considerar la distribución en planta con respecto a la distancia movida
	¿Los contenedores están correctamente dimensionados?

Figura 4.25 Hoja de análisis operacional

contribuirá a desarrollar ideas favorables y sirve como plan general de apoyo para el delegado de la instrucción en métodos.

Enfoques importantes del análisis de operaciones

Con el fin de evitar esfuerzos improductivos y teniendo en cuenta todos los puntos que arrojen mayor probabilidad de originar mejoras, el responsable del análisis de métodos debe reconsiderar los que apunten hacia la eventualidad de mejoras globales. Los factores a tener en cuenta en cada operación, según el orden en que deben ser considerados es el siguiente:

Objetivo o posibilidad de la operación: Una regla básica que el analista debe observar es tratar de eliminar o combinar una operación antes de mejorarla. Si un trabajo puede ser eliminado no hay necesidad de incurrir en costos para implementar un método mejorado. El problema de la resistencia a los cambios se disminuye cuando se vislumbra y descarta una actividad que es innecesaria; con frecuencia estas son el resultado de una planeación inapropiada en el momento de iniciar el trabajo. En el momento de planear nuevos trabajos, se deben incluir operaciones extras o adicionales, para prevenir la posibilidad de que el producto fuese rechazado. En algunas

ocasiones puede originarse una operación innecesaria como consecuencia de una ejecución no apropiada de una operación previa, teniendo que realizar una segunda operación para modificar o admitir el trabajo resultante de la primera.

2. Diseño de la pieza: Un buen analista de métodos debe revisar todo diseño en busca de mejoras posibles. Los diseños no son permanentes y el diseño actual se puede mejorar. Muchas características de diseño superfluas han sido eliminadas con grandes ahorros en dinero, gracias al cuidado de este factor del análisis.

El analista debe tener presentes las siguientes indicaciones para mejorar un diseño a un bajo costo:

- Reducir el número de partes, simplificando el diseño a una sola pieza.
- Reducir el número de operaciones y la extensión de los recorridos en la fabricación uniendo mejor las partes y haciendo fáciles el acabado a máquina y el ensamble.
- Utilizar materiales de óptima calidad.
- Liberalizar las tolerancias y confiar en la precisión de las operaciones "clave" en lugar de series de limites estrechos.

Los buenos diseños son el resultado de un amplio estudio, experiencia y pensamiento innovador y creativo, complementados con una adecuada valoración de costos.

3. Análisis del proceso: Las operaciones debes ser consideradas como un todo y parte del proceso total, no pueden ser estudiadas de manera particular. Y sus cambios o modificaciones deben ser transparentes. Este es el camino más seguro para que el analista de métodos no se equivoque y se obtengan mejores resultados. Mediante una detallada y profunda revisión de todas las operaciones realizadas sobre una pieza, el analista determina si la operación objeto de estudio es eliminada, combinada con otra, o realizada en el tiempo ocioso de otra operación. Debido al desarrollo de nuevos procesos y técnicas este debe mantenerse actualizado para tomar óptimas decisiones con mejoras de calidad y reducción de costos concurrentes.

4. Tolerancias y especificaciones:
Las tolerancias y especificaciones se relacionan directamente con la calidad del producto, y la calidad según la American Society for Quality Control (ASQC), es la totalidad de los elementos y características de un producto o servicio que se fundan en su capacidad para satisfacer esas necesidades.

Las industrias manufactureras y los organismos gubernamentales utilizan un lenguaje grafotécnico, como un medio para especificar la configuración geométrica o forma de una pieza en un dibujo de ingeniería, además proporciona información acerca de cómo debe inspeccionarse dicha parte a fin de certificar el propósito del diseño

Véase la figura 4.27 ; en la página siguiente.

Las tolerancias geométricas, suministran la tolerancia de las características específicas básicas: rectitud, perpendicularidad, anguloridad, redondez. cilindricidad, perfil, paralelismo, concentricidad. orientación localizadora y posición real. Los modificadores se muestran con el objeto de depurar las tolerancias implícitas; la identificación de datos se aplica a un punto o puntos, líneas, planos o superficies de un objeto y el dimensionismo geométrico se deriva de datos que se suponen son exactos.

Además debe considerarse al costo extra de los productos debido a desechos y/o desperdicios; todas las partes en todo producto deben producirse con las dimensiones precisas indicadas en los dibujos, única forma para que un negocio apunte a la competitividad. La fabricación de productos de calidad de manera que efectivamente reduzca los costos

Perfil de Rectitud Concentricidad una línea Perfil de una Orientación Planicie localizadora superficie Redondez Posición Paralelismo circunlaridad verdadera Orientación lo-Cilindricidad Perpendicularidad calizadora total Anaularidad Identificación de datos Modificadores Símbolos especiales MMC Condición de Zona de tolerancia - A -Data A material máximo proyectada MMC Condición de Diametro material máximo MMC Condición de material máximo

Símbolos de caracteristicas aeométricas

Figura 4.27 Simbología geométrica de las tolerancias

es un primicia importante del enfoque a la calidad establecida por el doctor Genichi Taguchi, quien recomienda que el analista de métodos debe cambiar los métodos estadísticos y de ingeniería para lograr mejoramiento en costos y calidad, optimizando el diseño del producto y los métodos de fabricación.

El analista de métodos, debe prestar especial atención a las especificaciones en exceso generosas o limitadas; con frecuencia la reducción de una tolerancia facilita una operación de ensamblado o algún otro paso consecutivo, y consigue estar en términos económicos aprobado aunque aumente el tiempo necesario para realizar la operación actual; sin embargo,

el analista debe tener presente que la tolerancia global es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las tolerancias individuales que comprende la tolerancia global.

La inspección ideal es otro de los procedimientos a tener en cuenta; esta es una verificación de cantidad, calidad, dimensiones y funcionamiento. Esta se realiza por lo general mediante cuantiosos métodos y técnicas. Se debe considerar su implementación en el sitio.

La inspección de lote por lote es un procedimiento de muestreo en el que se examina una muestra para determinar la calidad del lote de producción. El tamaño de la muestra seleccionada dependerá del porcentaje admisible de piezas defectuosas y del volumen del lote de producción que se comprueba, y el control de calidad estadístico es un medio analítico utilizado para controlar el nivel de calidad deseado del proceso; esta suele ser una comprobación periódica para asegurarse de que se cumple con los estándares establecidos.

Por medio de la investigación de tolerancias y especificaciones, y la implantación de medidas correctivas en casos fortuitos, se reduce al mínimo el desperdicio, se derriban los costos de reparaciones y se conserva una alta calidad.

- Material: Es uno de los primeros cuestionamientos tenidos en cuenta cuando se diseña un nuevo producto, dada la gran variedad de materiales disponibles se complica un poco su elección. Para realizar una adecuada elección, el analista de métodos debe tener presente seis consideraciones relativas a los materiales directos e indirectos manipulados en un determinado proceso:
- Hallar el material más económico, esto es posible cuando los precios de los materiales se pueden comparar por sus costos básicos.
- Hallar materiales más fáciles de procesar, por lo general siempre se encuentra un material que se facilita procesar más que otros.
- Aprovechar materiales de forma más económica, para el análisis de métodos existe la posibilidad de usar el material de forma económica.
- Emplear los materiales de deshecho, la oportunidad de aprovechar materiales que de alguna manera se venderían como deshechos no debe ser evitada, muchas veces estos subproductos que resultan de las partes no trabajadas o de desperdicio ofrecen una apreciable rentabilidad.
- Uso económico de suministros y herramientas: el desperdicio de materiales no favorece a nadie. El analista de métodos puede evitar

que se produzcan desperdicios, puesto que el volumen total viene a ser la quinta parte de todo el material utilizado.

- Estandarizar los materiales: el analista de métodos debe aunar esfuerzos con el fin de minimizar tamaños, formas, grados o calidades, etc., de cada uno de los materiales utilizados en la producción y ensamble de productos.
- Encontrar un excelente proveedor, en cuanto a precio y abastecimiento; la responsabilidad de localizar el proveedor más favorable para la empresa, se delega al departamento de compras, sin embargo estos no son estables, el mejor proveedor del año pasado, puede no ser el mejor en la actualidad, por lo tanto el departamento de compras debe mantener actualizada la base de datos para facilitar dicha elección, en aras de alcanzar mejores precios y más alta calidad.
- flujo de material a través de una planta por lo general se realiza, por una serie de transportes separados. Los cuales son ejecutados dentro y fuera de los sitios de almacenamiento o para y desde los lugares de trabajo. El analista, con frecuencia puede reducir una parte importante de su costo, por medio de un cuidadoso estudio de las necesidades de transporte

y del tipo de manipulación requerido por el material, muchos han sido los equipos adecuados, desarrollados a través de la investigación para facilitar el flujo de materiales, y eliminar los problemas relacionados con su manipulación. Cuanto más voluminosa es la pieza, tanto más ventajoso es pensar en disponer ordenadamente un flujo continuo, que se transporte por lotes. Por ejemplo, los transportes mediante cinta son usados ahora para casi todos los tipos imaginables de materiales a fin de conseguir el flujo deseado y poder seleccionar las piezas traídas desde el almacén sin otra manipulación manual.

Distribución de puesto de trabajo, y equipo de herramientas. Los movimientos realizados por el operario para desarrollar determinada tarea, están definidos por la distribución del puesto de trabajo. La mayoría de ingenieros industriales están habituados con el estricto cuidado que debe prestarse a las operaciones realizadas de forma manual en el banco de trabajo, de igual manera conocen que la mayor parte de los fabricantes de máguinas herramientas reconocen la importancia de situar los mandos de la manera más efectiva.

Sin embargo, las afectaciones causadas sobre la distribución del puesto de trabajo demuestran que hay muchos ejemplos de áreas de trabajo no planificadas y de fallos de normalización; el trabajo de mantenimiento carece de importancia en la distribución del lugar de trabajo, a pesar de esto, muchas empresas han preparado cuadrillas de mantenimiento mediante formación en métodos a las que han equipado con carritos de herramientas y otros equipos para minimizar los movimientos manuales.

El siguiente enunciado: "con suficiente estudio, cualquier método puede ser mejorado", se aplica de manera positiva a la distribución del puesto de trabajo; el analista debe tener en cuenta el lugar y utilización de todos los materiales y herramientas en el momento de realizar el estudio, otro factor importante es la asignación de tareas, el operario recibe la capacitación, e instrucciones precisas sobre la labor a ejecutar como también los recursos físicos que estarán bajo su responsabilidad, si es necesario y la empresa cuenta con solvencia económica la ayuda de un adiestramiento audiovisual. resultaría beneficioso para ambas partes.

8. Posibilidades comunes a toda mejora de tareas. Mientras se desarrolla la aplicación del análisis operacional, se cuenta con ciertos factores, que son de uso exclusivo

en la mejora de cualquier tipo de operación. Estos factores, están basados en el principio de economía de movimientos, y son considerados como posibilidades comunes a toda mejora de tareas, además guían al analista en las operaciones relacionadas con la comodidad del operario al realizar cualquier tipo de movimientos cuando está ejecutando determinada actividad

- Condiciones de trabajo. ambiente del lugar de trabajo, es fundamental para que el operario ejerza sus funciones y mantenga una óptima eficiencia. La falta de una adecuada temperatura, iluminación, ventilación, seguridad, causan fatiga y estrés al operario; e inciden directamente en la producción. En el desarrollo del análisis de operación, el analista debe tener en cuenta estos factores para brindar las condiciones ambientales adecuadas, comodidad, seguridad y bienestar para lograr un rendimiento eficaz del operario.
- 10. Método. Todos los puntos anteriores del análisis primario, afectan en forma directa la etapa final, en el establecimiento del mejor método. El método actual debe ser estudiado de forma detallada y minuciosa haciendo uso de los diez enfoques anteriores con el fin de encontrar las anomalías y prepararse para

desarrollar el método mejorado y registrarlo en la hoja de análisis de operación mencionada con anterioridad. En la actualidad, con la ayuda de la sistematización esta técnica de análisis operacional práctica y sencilla de resulta diligenciar cuando se analiza cualquier operación, en la mejora de métodos que requiere toda empresa, sin embargo, no se debe dejar de lado que es la habilidad y el propio conocimiento del analista quien toma la decisión de las posibles mejoras.

Diseño del trabajo manual

Por medio del estudio de movimientos, introducido por los esposos Gilbret, se realiza el diseño del trabajo manual, más adelante, en 1980 Barnes, logro formidables avances en este estudio. Estos se clasificaron en tres grupos básicos:

- 1. Uso del cuerpo humano.
- **2.** Arreglo y condiciones del lugar de trabajo.
- 3. Diseño de herramientas y equipo.

Optimización de la fuerza humana en el diseño de tareas

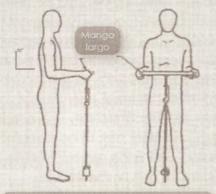
La fuerza se define como la cantidad de trabajo que realizan los músculos, los tendones, las articulaciones y los tejidos adyacentes a fin de realizar una acción en particular. La capacidad de la fuerza humana depende de tres factores fundamentales: El tipo de fuerza, el musculo o coyuntura de movimiento que se utiliza y la postura. Cuando los músculos están activos y exigen más recursos energéticos que los que se proporcionan, se produce la fatiga. Existen tres tipos de esfuerzo muscular, definidos especialmente por la manera en que se miden:

La fuerza dinámica o isotónica se produce porque la carga y los segmentos del cuerpo que se levantan mantienen una fuerza extrema constante sobre el musculo; fuerza isométrica o estática se produce en casos en que el movimiento del cuerpo esta restringido (fig 4,6) y la fuerza psicofísica empleada en situaciones en las que se requiere una demanda de fuerza durante un tiempo prolongado

Consulte las tablas a continuación.

Véase Figura 4.28 Posiciones de fuerza estática y resultados para 443 hombres y 108 mujeres.

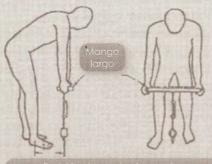
El cuerpo humano y el tejido muscular se apoyan en dos tipos primordiales de fuentes de energía: metabolismo aeróbico e que requiere de oxígeno y el metabolismo anaeróbico que suministra energía solo durante un ciclo corto, es menos eficiente, sin embargo es con frecuencia la primera fuente de energía utilizada por los músculos cuando el sistema cardiovascular no cuenta aún con suficiente tiempo para responder a las necesidades de estos con flujo sanguíneo que contenga alimentos y oxígeno para mantener su actividad.



Posición de prueba fuerza de levantamiento con el brazo

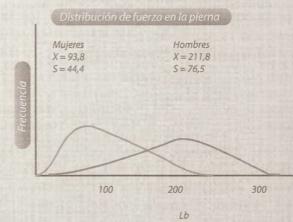


Posición de prueba fuerza de levantamiento con la pierno



Posicion de prueba fuerza de levantamiento con el torso

Mujeres Hombres X = 44,9 S = 17,6 S = 28,6



Lb

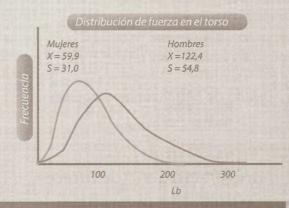


Tabla Peso máximo (en lb y kg) aceptable para hombres y mujeres promedio levantando cajas compactadas (14 pulg (34 cm) de ancho) con agarraderas

Distancia			evant	amier	nto/m	1 Levantamiento/30min						
empujada en pies (metros)	Hombres				Hombres				Hombres		Muj	
		kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg		kg
Del suelo a al- tura de nudillos	42	19	26	12	66	30	31	14	84	38	37	17
Del suelo a altu- ra de hombro	42	19	20	9	55	25	29	13	64	29	33	15
Del hombro a al- cance de brazo	37	17	18	8	51	23	24	11	59	27	29	13

Nota: Para baja, los valres aumentan 6%. Para cajas sin manijas, los valores disminuyen 15%. Al aumentar el tamaño de la caja (hacia afuera del cuerpo) hasta 30 pulg (75 cm, los valores disminuyen 10%)

Tabla Fuerza de empujes (en lb y kg) a la altura de la cintura aceptable para hombres y mujeres promedio (l= inicial; S = Sostenido)

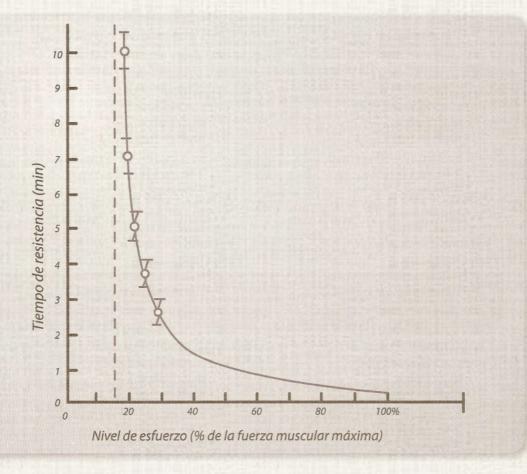
empujada en pies (metros)		Hon				MU				Hon							
pios (monos)	lb	kg	lb	kg	lb	kg	dl	kg		kg	lb	kg	lb	kg		kg	
150 (45)	51	23	26	12	40	18	22	10	66	30	42	19	51	23	26	12	
50 (15)	77	35	42	19	44	20	29	13	84	38	51	23	53	24	33	15	
7(2)	95	43	62	28	55	25	40	18	99	45	75	34	66	30	46	21	

Nota: Para las fuerzas de empuje a la altura del hombro o de los nudillos/rodillas, los valores disminuven 11%

Tabla Fuerza Al jalar (en lb y kg) a la altura de la cintura aceptable para hombres y mujeres promedio (l= inicial; S = Sostenido)

and the control of th			The state of the state of	Section Stone		A Real Property			1.00						STATE OF THE PARTY.		
Distancia empujada en			Levan nbres												Omin jeres		
pies (metros)	lb	l kg	S lb	kg	l lb	S kg	l lb	S kg	lb	l kg	S Ib	kg		S kg	l lb	S kg	
150 (45)	37	17	26	12	40	18	24	11	48	22	42	19	48	22	26	12	
50 (15)	57	26	42	19	42	19	26	12	62	28	51	23	51	23	33	15	
7(2)	68	31	57	26	55	25	35	16	73	33	70	32	66	30	44	20	

Nota: Para las fuerzas al jalar a la altura de nudillos/rodillas, los valores se incrementan 75%. Para las fuerzas al jalar a la altura del hombro

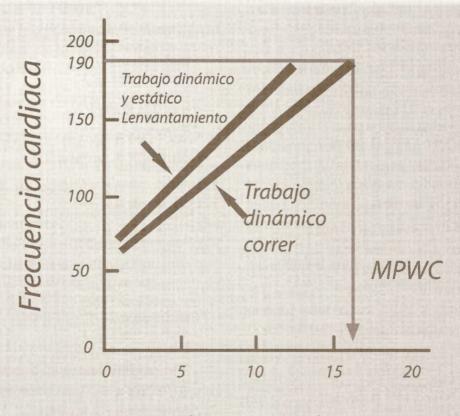


Por lo general, se relaciona fatiga del cuerpo completo con el metabolismo aeróbico y la incapacidad por parte del sistema cardiovascular de cada persona para proveer suficiente alimento y oxígeno para satisfacer la demanda de la tasa de gasto energético de los músculos que trabajan en todo el cuerpo. El ejercicio mecánico de la contracción muscular localiza flujo sanguíneo a través del musculo y fuerza el metabolismo anaeróbico. En la anterior figura muestra que conforme todo musculo se contrae hacia su potencia máxima, la resistencia de su contracción decrece debido a que se presenta fatiga localizada. A medida que la contracción muscular se incrementa por encima del 20% de su fuerza, el flujo sanguíneo cae por debajo de la demanda muscular, requiriendounmetabolismoanaeróbico suplementario y disminuirá el tiempo de resistencia. En consecuencia, las contracciones musculares forzadas ejecutadas durante un periodo continuo con gran frecuencia, que se aproximan o exceden 20% de la fuerza muscular máxima limitan el flujo sanguíneo al musculo en contracción, lo que da como resultado fatiga muscular local e incomodidad. Al pasar el tiempo, la

fatiga disminuirá la capacidad que tiene el trabajador de realizar cierta tarea de su ocupación. La capacidad máxima de trabajo físico (MPWC, maximium phisycal work capacity), denominada también capacidad aerobica, es la tasa máxima de consumo de energía que puede lograr una persona; el nivel máximo de actividad solo puede conservarse durante unos cuatro minutos, y se expresa en kilocalorías (kcal) por minuto, y esta tasa esta limitada por la frecuencia cardiaca máxima y por el grado del buen estado

físico de trabajador. La disminución de la fuerza se debe a la reducción de masa muscular y la perdida de fibras musculares. Pero, no se sabe si esta pérdida es el cambio por la edad o solo una reducción gradual de los niveles de actividad.

Sin embargo, en estudios recientes (Astrand y Rodahl, 1986), se demostró que con un programa de entrenamiento físico, una persona puede incrementar su fuerza 30% en pocas semanas con un aumento máximo cercano al 100%.



Tasa de Energía (kca/min)

El trabajo físico pesado

El trabajo manual debe ser diseñado correctamente para que los trabajadores no se agoten ni contraigan una tensión muscular, sobre todo en la espalda. La realización de un trabajo físico pesado durante mucho tiempo hace aumentar el ritmo de la respiración y el ritmo cardíaco.

Si un trabajador no está en buenas condiciones físicas, es probable que se canse fácilmente al efectuar un trabajo físico pesado. En lo posible, es útil utilizar energía mecánica para efectuar los trabajos pesados. Esto no quiere decir que los empleadores deban sustituir a los trabajadores por máquinas, sino que los trabajadores utilicen máquinas para efectuar las tareas más arduas. La energía mecánica disminuye los riesgos para el trabajador y al mismo tiempo proporciona más oportunidades laborales a personas con menos fuerza física. Normalmente los puestos de trabajo que no exigen movimientos físicos son cansadores y aburridos. Normas a tener en cuenta en la diseño de puestos de trabajo que exijan esfuerzo físico:

- El trabajo pesado no debe superar la capacidad de cada trabajador.
- El trabajo físico pesado debe alternar a lo largo de la jornada, en intervalos periódicos, con un trabajo más ligero.
- El trabajo físico pesado debe alternar a lo largo de la jornada, en intervalos

 Periódicos, con un trabajo más ligero.

Factores importantes para el diseño de puestos de trabajo que requieran un trabajo físico pesado:

- Peso de la carga;
- Con qué frecuencia debe levantar el trabajador la carga;
- La distancia de la carga respecto del trabajador que debe levantarla;
- La forma de la carga;
- El tiempo necesario para efectuar la tarea.

Disminuir el peso de la carga:

- Reempaquetar la carga para disminuir el tamaño;
- Disminuir el número de objetos que se llevan de una vez;
- Asignar más personas para levantar cargas pesadas extraordinarias.

Facilidad para manipular la carga:

- Modificar el tamaño y la forma de la carga para que el centro de gravedad esté más próximo a la persona que la levanta;
- Almacenar la carga a la altura de las caderas para que el trabajador no tenga que agacharse;

- Utilizar medios mecánicos para levantar la carga por lo menos a la altura de las caderas;
- Utilizar más de una persona o un instrumento mecánico para mover la carga;
- Arrastrar o hacer rodar la carga con instrumentos de manipulación como carretillas, sogas o eslingas;
- Hacer recaer el peso de la carga en las partes más sólidas del organismo utilizando ganchos, bandas o correas.

Uso de técnicas de almacenamiento para facilitar la manipulación de los materiales:

- utilizar repisas, estanterías o plataformas de carga que estén a una altura adecuada;
- cargar las tarimas de manera que los artículos pesados estén en torno a los bordes de la tarima, no en el centro; de esta manera, el peso estará distribuido por igual en la tarima. Ahora bien, hay que tener cuidado de que los artículos no se caigan con facilidad de la tarima y lesionen a alguien.

Disminuir la distancia que debe ser transportada una carga:

- mejorar la distribución de la zona de trabajo;
- redistribuir la zona de producción o almacenamiento.

Minimizar en lo posible el número de levantamientos que haya que efectuar:

- asignar más personas a esa tarea;
- utilizar instrumentos mecánicos;
- reorganizar la zona de almacenamiento o trabajo.

Disminuir el número de giros que debe hacer el cuerpo:

- mantener todas las cargas frente al cuerpo;
- mantener todas las cargas frente al cuerpo;
- dejar espacio suficiente para que todo el cuerpo pueda girar;
- girar moviendo los pies en vez de girando el cuerpo.

El diseño de los puestos de trabajo

Es importante diseñar los puestos de trabajo teniendo en cuenta los factores humanos. Los puestos de trabajo bien diseñados tienen en cuenta las características mentales y físicas del trabajador y sus condiciones de salud y seguridad. La manera en que se diseña un puesto de trabajo determina si será variado o repetitivo, si permitirá al trabajador estar cómodo o le obligará a adoptar posiciones forzadas y si entraña tareas interesantes o estimulantes o bien monótonas y aburridas. A continuación se exponen algunos factores ergonómicos que habrá que tener en cuenta al diseñar o rediseñar puestos de trabajo:

- tipos de tareas que hay que realizar;
- · cómo hay que realizarlas;
- cuántas tareas hay que realizar;
- el orden en que hay que realizarlas;
- el tipo de equipo necesario para efectuarlas.

Además, un puesto de trabajo bien diseñado debe hacer lo siguiente:

- permitir al trabajador modificar la posición del cuerpo;
- incluir distintas tareas que estimulen mentalmente;
- ejar cierta latitud al trabajador para que adopte decisiones, a fin de que pueda variar las actividades laborales según sus necesidades personales, hábitos de trabajo y entorno laboral;
- dar al trabajador la sensación de que realiza algo útil;
- facilitar formación adecuada para que el trabajador aprenda qué tareas 'debe realizar y cómo hacerlas;
- facilitar horarios de trabajo y descanso adecuados gracias a los cuales el trabajador tenga tiempo bastante para efectuar las tareas y descansar;
- dejar un período de ajuste a las nuevas tareas, sobre todo si requieren gran esfuerzo físico, a fin de que el trabajador se acostumbre gradualmente a su labor.

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

estudio sistemático de los métodos, materiales, herramientas e instalaciones utilizados en proceso, establecen la mejor forma de realizar una determinada tarea. Puesto que todas las operaciones requieren algún esfuerzo humano o alguna atención (incluso una máquina automática requiere algo de atención), es conveniente realizar un análisis minucioso de los movimientos hechos por el operario en la ejecución de una tarea, para dar solución al problema y descubrir el mejor método. A este minucioso análisis de movimientos se le conoce como el estudio de los movimientos; utilizados en la ejecución de una operación con el fin de eliminar todos aquellos que son innecesarios y establecer una continuidad entre los de mayor utilidad para obtener la máxima eficiencia.

Un estudio de los movimientos, considera los factores externos que los afectan ya que están relacionados profundamente debido a que cuando el operario mueve sus manos hace un contacto con algo (arma una pieza, utiliza un destornillador, pone en marcha una máquina, etc.). Además, es necesario, hacer un estudio de los materiales, herramientas e instalaciones. Un material puede tener cualidades inherentes que le hagan superior a otros para algún uso específico, lo mismo puede suceder con una herramienta o una máquina;

Therblings efectives

(Implica un avance directo en el progreso del trabajo. Pueden acortarse, pero es dificil eliminarlos)

, Therblig	Símbolo	Descripción
Alcanzar	AL	Movimiento con la mano vacía desde y hacía el objeto; el tiempo depende de la distancia; en general precede a soltar y va seguida de tomar.
Mover	М	Movimiento con la mano llena; el tiempo de- pende de la distancia, el peso y el tipo de movimiento; en general precedida por to- mar y seguida de soltar o posicionar.
Tomar	Т	Cerrar los dedos alrededor de un objeto; inicia cuando los dedos hacen contacto con el objeto y termina cuando se logra el control; depende del tipo a tomar; en general precedido por alcanzar y seguido por mover.
Soltar	S	Dejar el control de un objeto; por lo co- mún es el therblig más caro.
Preposicionar	PP	Posicionar un objeto en un lugar predeterminado para su uso posterior; casi siempre ocurre junto con mover, como al orientar una pluma para escribir.
Usar	U	Manipular una herramienta al usarla para lo que fue hecha; se detecta con facili- dad al hacer que avance el trabajo.
Ensamblar	Е	Unir dos partes que van juntas; suele ir precedido por posicionar o mover, y seguido por soltar.
Desensamblar	DE	Opuesto al ensamble, separación de par- tes que están juntas; en general precedido de posicionar o mover; seguido de soltar.

Therblings efectives

(No avanza el progreso del frabajo. Deben eliminarse cuando se posible)

Therblig	Símbolo	Descripción
Buscar	В	Ojos o manos que deben encontrar un objeto; inicia cuando los ojos se mueven para localizar un objeto.
Seleccionar	SE	Elegir un artículo entre varios; por lo común sigue a buscar.

Therblig	Símbolo	Descripción
Posicionar	Р	Orientar un objeto durante el trabajo; en general precedido de mover y seguido de soltar (en contraste a durante para preposicionar).
Inspeccionar	1	Comprar un objeto con un estándar, casi siempre con la vista, pero también piede ser con otros sentidos.
PLANEAR	PL	Hacer una pausa para determinar la si- guiente acción; en general se detecta como una duda antes del movimiento.
Retraso inevitable	RI	Más alla del control dle operario debido a la naturaleza de la operación, por ejemplo, la mano izquierda espera mientras la derecha termina un alcance más lejano.
Retraso evitable	RE	Sólo el operario es responsable del tiem- po ocioso, como al toser.
Descanso para con- trarrestar la fatiga	D	Aparece en forma periódica, no en todos los ci- clos, depende de la carga de trabajo físico.
Sostener	so	Una mano detiene un objeto mientras la otra realiza un trabvajo provechoso.

las condiciones que rodean al trabajo es posible que afecten a la producción, como el alumbrado, calefacción, ventilación, vibración y ruido. Estas condiciones se han de establecer de forma que se le proporcione al obrero el máximo bienestar y se obtenga la máxima economía global.

El estudio de movimientos se puede aplicar en dos formas: el estudio visual de los movimientos, se aplica con frecuencia por su mayor simplicidad y menor costo y el estudio del micromovimiento el cual sólo resulta realizable cuando se analizan labores de mucha actividad de duración y repetición elevadas.

Dentro del estudio de movimientos hay que resaltar los movimientos fundamentales, estos movimientos fueron definidos por los esposos Gilbreth y se denominan Therbligs, son 17 y cada uno es identificado con un símbolo gráfico, un color y una letra o sigla (ver: enfoque de análisis de operaciones). Estos movimientos se dividen en eficientes e ineficientes:

Movimientos Eficientes o efectivos

- De naturaleza física o muscular: alcanzar, mover, soltar y precolocar en posición
- De naturaleza objetiva o concreta: usar, ensamblar y desensamblar

- Movimientos Ineficientes o inefectivos
- Mentales o Semimentales: buscar, seleccionar, colocar en posición, inspeccionar y planear
- Retardos o dilaciones: retraso evitable, retraso inevitable, descansar y sostener

Véase la tabla Therbligs de los Gilberth; en la página siguiente.

Principios de la economía de los movimientos

Las siguientes reglas o principios de economía de movimientos se pueden aplicar en forma ventajosa a trabajos comerciales y administrativos la misma manera en que se aplican a operarios que trabajan en la industria. Aunque no todas son aplicables a cada operación, forman una base o un código para mejorar la eficiencia y reducir la fatiga en el trabajo manual. Por lo tanto, estas reglas se aplican de acuerdo a cada caso, y parte de las funciones del ingeniero de métodos es establecer cuales son aplicables a cada operación y como se aplican en cada una de esta

Para su aplicación se cuenta con tres principios básicos, los relativos al uso del cuerpo humano, los relativos a la disposición y condiciones en el sitio de trabajo y los relativos al diseño del equipo y las herramientas.

Los relativos al uso del cuerpo humano

- a. Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente los elementos o divisiones básicas de trabajo y no deben estar inactivas al mismo tiempo, excepto durante los periodos de descanso.
- b. Los movimientos de las manos deben ser simétricos y efectuarse simultáneamente al alejarse del cuerpo y acercándose a éste.
- c. Siempre que sea posible deben aprovecharse el impulso o ímpetu físico como ayuda al trabajador y reducirse a un mínimo cuando haya que ser contrarrestado mediante un esfuerzo muscular.
- d. Son preferibles los movimientos continuos en línea recta en vez de los rectilíneos que impliquen cambios de dirección repentinos y bruscos.
- e. Deben emplearse el menor número de elementos o therbligs y éstos se deben limitar de más bajo orden o clasificación posible. Estas clasificaciones, enlistadas en orden ascendente del tiempo y el esfuerzo requeridos para llevarlas a cabo, son:
 - » Movimientos de dedos.
 - » Movimientos de dedos y muñeca.
 - » Movimientos de dedos, muñeca y antebrazo.

Therblings efectives

(Implica un avance directo en el progreso del trabajo. Pueden acortarse, pero es dificil eliminarlos)

Therblig	Símbolo	Descripción
Alcanzar	AL	Movimiento con la mano vacía desde y hacía el objeto; el tiempo depende de la distancia; en general precede a soltar y va seguida de tomar.
Mover	М	Movimiento con la mano llena; el tiempo de- pende de la distancia, el peso y el tipo de movimiento; en general precedida por to- mar y seguida de soltar o posicionar.
Tomar	Т	Cerrar los dedos alrededor de un objeto; inicia cuando los dedos hacen contacto con el objeto y termina cuando se logra el control; depende del tipo a tomar; en general precedido por alcanzar y seguido por mover.
Soltar	S	Dejar el control de un objeto; por lo co- mún es el therblig más caro.
Preposicionar	PP	Posicionar un objeto en un lugar predeterminado para su uso posterior; casi siempre ocurre junto con mover, como al orientar una pluma para escribir.
Usar	U	Manipular una herramienta al usarla para lo que fue hecha; se detecta con facili- dad al hacer que avance el trabajo.
Ensamblar	Е	Unir dos partes que van juntas; suele ir precedido por posicionar o mover, y seguido por soltar.
Desensamblar	DE	Opuesto al ensamble, separación de par- tes que están juntas; en general precedido de posicionar o mover; seguido de soltar.

Therblings efectivos

(No avanza el progreso del trabajo. Deben eliminarse cuando se posible)

	Símbolo	
Buscar	В	Ojos o manos que deben encontrar un objeto; inicia cuando los ojos se mueven para localizar un objeto.
Seleccionar	SE	Elegir un artículo entre varios; por lo común sigue a buscar.

Therblig	Símbolo	Descripción
Posicionar	Р	Orientar un objeto durante el trabajo; en general precedido de mover y seguido de soltar (en contraste a durante para preposicionar).
Inspeccionar	Ī	Comprar un objeto con un estándar, casi siempre con la vista, pero también piede ser con otros sentidos.
PLANEAR	PL	Hacer una pausa para determinar la si- guiente acción; en general se detecta como una duda antes del movimiento.
Retraso inevitable	RI	Más alla del control dle operario debido a la naturaleza de la operación, por ejemplo, la mano izquierda espera mientras la derecha termina un alcance más lejano.
Retraso evitable	RE	Sólo el operario es responsable del tiem- po ocioso, como al toser.
Descanso para con- trarrestar la fatiga	D	Aparece en forma periódica, no en todos los ci- clos, depende de la carga de trabajo físico.
Sostener	so	Una mano detiene un objeto mientras la otra realiza un trabvajo provechoso.

- » Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo y brazo.
- » Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo, brazo y todo el cuerpo.
- f. Pebe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el efectuado con las manos. Hay que reconocer que los movimientos simultáneos de los pies y las manos son difíciles de realizar.
- g. Los dedos cordial y pulgar son los más fuertes para el trabajo. El índice, el anular y el meñique no pueden soportar o manejar cargas considerables por largo tiempo.

- h. Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operario está de pie.
- Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.
- j. Para asir herramientas deben emplearse las falanges o segmentos de los dedos, más cercanos a la palma de la mano.

Los relativos a la disposición y condiciones en el sitio de trabajo

a. Deben destinarse sitios fijos para toda la herramienta y todo

el material, a fin de permitir la mejor secuencia de operaciones y eliminar o reducir los therbligs buscar y seleccionar.

- b. Hay que utilizar depósitos con alimentación por gravedad y entrega por caída o deslizamiento para reducir los tiempos alcanzar y mover; asimismo, conviene disponer de expulsores, siempre que sea posible, para retirar automáticamente las piezas acabadas.
- c. Todos los materiales y las herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- d. Conviene proporcionar un asiento cómodo al operario, en que sea posible tener la altura apropiada para que el trabajo pueda llevarse a cabo eficientemente, alternando las posiciones de sentado y de pie.
- e. Se debe contar con el alumbrado, la ventilación y la temperatura adecuados.
- f. Deben tenerse en consideración los requisitos visuales o de visibilidad en la estación de trabajo, para reducir al mínimo la fijación de la vista.
- g. Un buen ritmo es esencial para llevar a cabo suave y automáticamente una operación y el trabajo debe organizarse de manera que permita

obtener un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.

Los relativos al diseño del equipo y las herramientas

- a. Deben efectuarse, siempre que sea posible, operaciones múltiples con las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola, o bien disponiendo operaciones múltiples en los dispositivos alimentadores, si fuera el caso (por ejemplo, en tornos con carro transversal y de torreta hexagonal).
- b. Todas las palancas, manijas, volantes y otros elementos de control deben estar fácilmente accesibles al operario y deben diseñarse de manera que proporcionen la ventaja mecánica máxima posible y pueda utilizarse el conjunto muscular más fuerte.
- c. Las piezas en trabajo deben sostenerse en posición por medio de dispositivos de sujeción.
- d. Investíguese siempre la posibilidad de utilizar herramientas mecanizadas (eléctricas o de otro tipo) o semiautomáticas, como aprieta tuercas y destornilladores motorizados y llaves de tuercas de velocidad, etc...

Una de las herramientas más empleadas en el estudio de movimientos, es el diagrama bimanual (Ver: Temas anteriores), muestra todos los movimientos y retrasos realizados por las manos, derecha e izquierda y las relaciones entre las divisiones de los logros desempeñados por las manos. Su estudio permite:

- Balancear los movimientos de ambas manos y reducir la fatiga
- Reducir o eliminar los movimientos no productivos
- Disminuir la duración de los movimientos productivos
- Capacitar a nuevos operarios en el método ideal
- 5. Vender el método propuesto

De igual manera, se pueden realizar estudios detallados de movimientos, con la ayuda de sistemas predeterminados, como el MTM.

Las demandas de fuerza de las personas en el entorno industrial, se ha venido reduciendo gracias a la automatización, sin embargo la fuerza muscular es esencial en la ejecución de muchas tareas, en especial todas aquellas que requieren del manejo manual de materiales o trabajo manual y al no ejecutarlas con las recomendaciones indicadas, pueden llegar a causar lesiones ocupacionales (Ver: Ergonomía), provocando incomodidades y limitaciones considerables para el operario y altos costos para el empleador.

Díseño del lugar de trabajo, equipo y herramientas

En una estación de trabajo, son varios los factores que tienen un impacto específico en la productividad y en el bienestar del operario, y es la tecnología de la ergonomía la encargada de adaptar el trabajo al hombre, brindando la firmeza adecuada al equipo y a las condiciones que rodean el área del trabajo; teniendo en cuenta variaciones como: altura, alcance, fuerza, tiempo de reflejos, y algunos otros por parte del empleado. La ergonomía se ocupa de:

- La influencia del entorno en el hombre al trabajador: ambientes térmicos, sonoros, luminosos y a sus consecuencias sobre la salud
- Los datos antropométricos y biomecánicos: medidas de segmentos óseos, amplitudes de los movimientos articulares, y otros, a fin de concebir los puestos de trabajo
- Las características del esfuerzo muscular: medida del consumo de oxígeno, registro de la frecuencia cardiaca, etc., para valorar la carga de trabajo
- La influencia de los horarios de trabajo sobre la salud: investigaciones basadas en la cronobiología.
- Las características psicofisiológicas: eficacia de

visión, de vigilancia y de atención para el diseño de instrumentos de señalización y medida.

Las tareas y las actividades son partes fundamentales en el análisis del trabajo, y por ende son dos conceptos muy importantes para la ergonomía partiendo de los siguientes conceptos:

Tarea: Conjunto de los elementos objetivos que constituyen los informes para el operario que los va a desempeñar.

Actividad: Se refiere a las adaptaciones y regulaciones desarrolladas por el operario y por el grupo de trabajos quienes la ejercitarán.

De este modo la ergonomía guarda una mediación directa sobre los sistemas técnicos y la adecuación al funcionamiento esperado de las instalaciones, asimismo sobre costos ocultos debido a pérdidas de tiempo y en la distribución eficiente de las tareas entre los miembros de los equipos en los diferentes puestos de trabajo, trayendo como consecuencia que la ergonomía asuma un rol importante en la calidad del desempeño de una organización en todo su conjunto.

En la actualidad, la ergonomía busca aumentar la seguridad en cada estación de trabajo, proyectando resultados sobre la reducción de tiempo perdido a través de la enfermedad y un incremento correspondiente de la eficiencia, además de incrementar su confiabilidad para que el factor humano no solo sea rápido y eficiente,

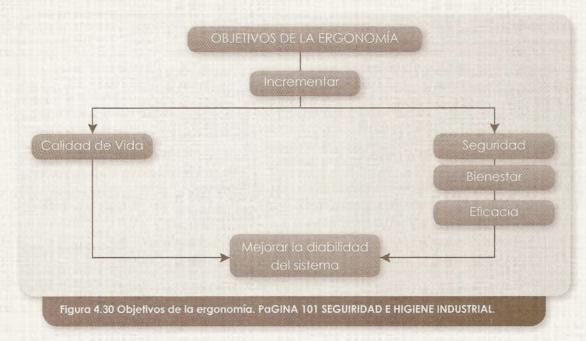
sino confiable, y esto lo logra mediante la combinación de:

- Fisiología, anatomía, y medicina:
 Estas ciencias biológicas, brindan información de la estructura del cuerpo, capacidades y limitaciones físicas del operario, dimensiones de su cuerpo, pesos máximos a levantar, presiones físicas a soportar entre otras.
- 2. Fisiología y psicología experimental:

 fisiología-psicológica estudia el funcionamiento del cerebro y el sistema nervioso como determinantes de la conducta, y los psicólogos experimentales intentan entender las formas básicas en que el individuo usa su cuerpo para comportarse, percibir, aprender, recordar, controlar los procesos motores, etc.
- Física e ingeniería: Proporcionan información equivalente sobre la máquina y el ambiente con que el operador tiene que enfrentarse.

El puesto de trabajo es el lugar que un trabajador ocupa cuando desempeña una tarea. Puede estar ocupado todo el tiempo o ser uno de los varios lugares en que realiza sus actividades.

Con el fin de evitar enfermedades relacionadas con condiciones laborales deficientes, y para asegurar que el trabajo sea productivo, es muy significativo que el puesto de trabajo esté bien diseñado.



Este debe estar diseñado teniendo en cuenta al trabajador y la tarea que va a realizar a fin de que ésta se ejerza cómodamente, sin dificultades y de manera eficaz. Si su diseño es adecuado y se ajusta a las características exigidas, el trabajador podrá conservar una buena postura corporal, lo cual es importante porque una postura laboral incómoda puede ocasionar múltiples problemas, como:

- · Lesiones en la espalda;
- · aparición o agravación de una LER;
- problemas de circulación en las piernas.
- Las principales causas de esos problemas son:
- asientos mal diseñados;
- permanecer en pie durante mucho tiempo;

- tener que alargar demasiado los brazos para alcanzar los objetos;
- una iluminación insuficiente que obliga al trabajador a acercarse demasiado a las piezas.

Principios básicos de la ergonomía para el diseño de los puestos de trabajo

Con el fin de dar soluciones y evitar molestias, resulta beneficioso, examinar las condiciones laborales de cada caso al aplicar los principios de la ergonomía; en algunas ocasiones, cambios mínimos en el diseño del equipo, puesto de trabajo, en las tareas, mejoran la comodidad, la salud, la seguridad y la productividad del trabajador. A continuación se exponen algunos ejemplos de cambios

ergonómicos, que de aplicarse producirán mejoras específicas:

- Para labores minuciosas que exigen inspeccionar de cerca los materiales, el banco de trabajo debe estar más bajo que si se trata de realizar una labor pesada.
- Para las tareas de ensamblaje, el material debe estar situado en una posición tal que los músculos más fuertes del trabajador realicen la mayor parte de la labor.
- Hay que modificar o sustituir las herramientas manuales que provocan incomodidad o lesiones.
 A menudo, los trabajadores son la mejor fuente de ideas sobre cómo mejorar una herramienta para que sea más cómodo manejarla. Así, por ejemplo, las pinzas pueden ser rectas o curvadas, según convenga.
- Ninguna tarea debe exigir de los trabajadores que adopten posturas forzadas, como tener todo el tiempo extendidos los brazos o estar encorvados durante mucho tiempo.
- Hay que enseñar a los trabajadores las técnicas adecuadas para levantar pesos. Toda tarea bien diseñada debe minimizar cuánto y cuán a menudo deben levantar pesos los trabajadores.
- Se debe disminuir al mínimo posible el trabajo en pie, pues a menudo es menos cansador hacer

una tarea estando sentado que de pie.

- Se deben rotar las tareas para disminuir todo lo posible el tiempo que un trabajador dedica a efectuar una tarea sumamente repetitiva, pues las tareas repetitivas exigen utilizar los mismos músculos una y otra vez y normalmente son muy aburridas.
- Hay que colocar a los trabajadores y el equipo de manera tal que los trabajadores puedan desempeñar sus tareas teniendo los antebrazos pegados al cuerpo y con las muñecas rectas.

La siguiente figura, muestra datos importantes como guía de diseño, una condición esencial del diseño es la ligereza, en el cual si las condiciones del trabajo lo permiten, se tienen que sostener herramientas más pesadas. Una herramienta pesada se dificulta situarla con rápida precisión y pronto la fatiga hará que la realización del trabajo disminuya.

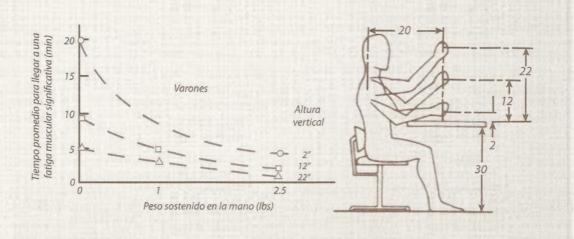
Mientras, se obtenga la información necesaria para crear centros de trabajo que se ajusten a la fuerza de trabajo, en esa misma medida se conseguirán mejores resultados de productividad y satisfacción del trabajador. Una norma general es considerar la información que se tenga acerca del cuerpo del trabajador, por ejemplo, su altura, al escoger y ajustar los lugares de trabajo. Sobre todo, deben ajustarse los puestos

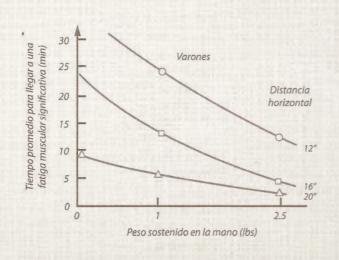
de trabajo para que el trabajador esté cómodo.

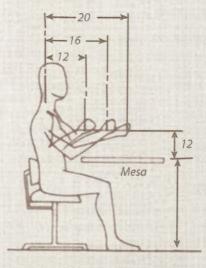
1. El puesto de trabajo

El principio esencial del diseño ergonómico es que el espacio del trabajo debe adaptarse a las características del trabajador y es necesario considerar que el diseño general del puesto de trabajo se ajuste

a las características antropométricas del trabajador y que las herramientas u objetos de uso frecuente estén a su alcance; cerca de su cuerpo y de frente; los alcances deben diseñarse con dimensiones antropométricas más pequeñas, considerando que las holguras deben contar con las dimensiones de las personas de mayor tamaño.







Puesto de trabajo

Altura de la cabeza

- Debe haber espacio suficiente para que quepan los trabajadores más altos.
- Los objetos que haya que contemplar deben estar a la altura de los ojos o un poco más abajo porque la gente tiende a mirar algo hacia abajo.

Altura de los hombros

- Los paneles de control deben estar situados entre los hombros y la cintura.
- Hay que evitar colocar por encima de los hombros objetos o controles que se utilicen a menudo.

Alcance de los brazos

- Los objetos deben estar situados lo más cerca posible al alcance del brazo para evitar tener que extender demasiado los brazos para alcanzarlos o sacarlos.
- Hay que colocar los objetos necesarios para trabajar de manera que el trabajador más alto no tenga que encorvarse para alcanzarlos.
- Hay que mantener los materiales y herramientas de uso frecuente cerca del cuerpo y frente a él.

Altura del codo

 Hay que ajustar la superficie de trabajo para que esté a la altura del codo o algo inferior para la mayoría de las tareas generales.



Altura de la mano

 Hay que cuidar de que los objetos que haya que levantar estén a una altura situada entre la mano y los hombros.

Longitud de las piernas

- Hay que ajustar la altura del asiento a la longitud de las piernas y a la altura de la superficie de trabajo.
- Hay que dejar espacio para poder estirar las piernas, con sitio suficiente para unas piernas largas.
- Hay que facilitar un escabel ajustable para los pies, para que las piernas no cuelguen y el trabajador pueda cambiar de posición el cuerpo.

Tamaño de las manos

- Las asas, las agarraderas y los mangos deben ajustarse a las manos. Hacen falta asas pequeñas para manos pequeñas y mayores para manos mayores.
- Hay que dejar espacio de trabajo bastante para las manos más grandes.

Tamaño del cuerpo

 Hay que dejar espacio suficiente en el puesto de trabajo para los trabajadores de mayor tamaño.

Consulte la figura en la página siguiente.

Otro de los principios es evitar en lo posible la manipulación de cargas.

El esfuerzo corporal requerido al manipular una carga debe estar dentro de los límites fisiológicamente deseables. Los movimientos corporales deben seguir un ritmo natural, de tal modo que se brinde una armonía entre postura, fuerza ejercida y movimiento corporal, don el espacio del lugar de trabajo:

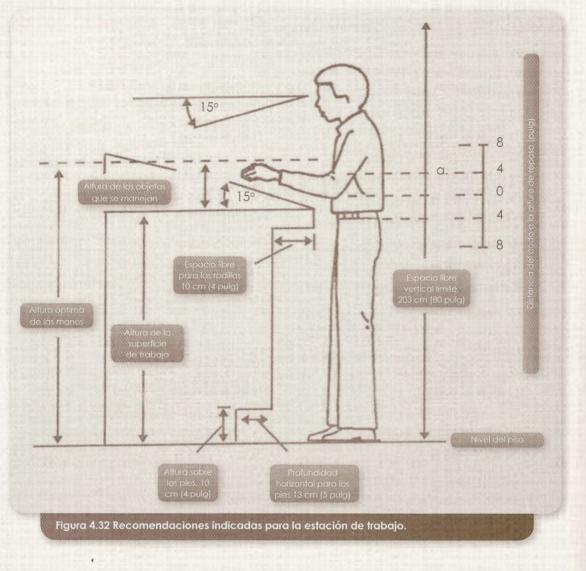
- Permita la movilidad del trabajador.
 - Favorezca que el trabajador conserve una postura vertical, mirando al frente mientras realiza sus labores.

Figura del nuevo documento de Work (señor de pie proyectando su visión)

Consulte la figura más adelante.

Sugerencias para un puesto de trabajo ergonómico

- Hay que tener en cuenta qué trabajadores son zurdos y cuáles no y facilitarles una superficie de trabajo y unas herramientas que se ajusten a sus necesidades.
- Hay que facilitar a cada puesto de trabajo un asiento cuando el trabajo se efectúe de pie. Las pausas periódicas y los cambios de postura del cuerpo disminuyen los problemas que causa el permanecer demasiado tiempo en pie.

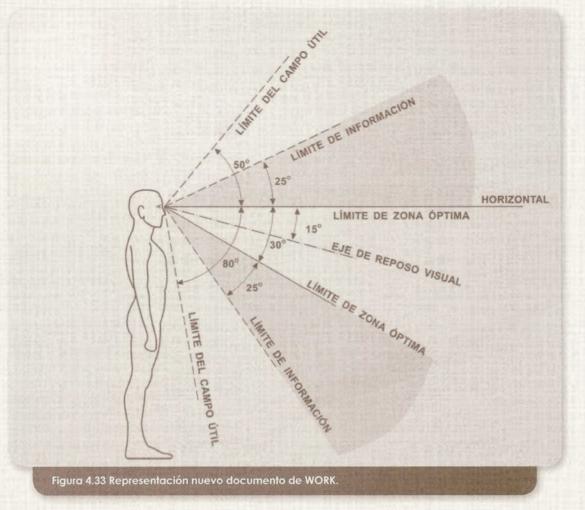


• Hay que eliminar los reflejos y las sombras. Una buena iluminación es esencial.

El trabajo que se realiza sentado y el diseño de los asientos

El trabajo que se realiza sentado

Lo ideal es que el trabajo se alterne entre la postura de pie y sentada. Sí un trabajo no necesita mucho fuerza física y se puede efectuar en un espacio limitado, el trabajador debe realizarlo sentado, sin embargo, estar sentado todo el día no es bueno para el cuerpo, sobre todo para la espalda.



Así pues, las tareas laborales que se realicen deben ser algo variadas para que el trabajador no tenga que hacer únicamente trabajo sentado. Un buen asiento es esencial para el trabajo que se realiza sentado. El asiento debe permitir al trabajador mover las piernas y de posiciones de trabajo en general con facilidad.

Las siguientes son algunas directrices ergonómicas para el trabajo que se realiza sentado:

- El trabajador tiene que poder llegar a todo su trabajo sin alargar excesivamente los brazos ni girarse innecesariamente.
- La posición correcta es aquella en que la persona está sentada recta frente al trabajo que tiene que realizar o cerca de él.
- La mesa y el asiento de trabajo deben ser diseñados de manera que la superficie de trabajo se encuentre aproximadamente al nivel de los codos.

- La espalda debe estar recta y los hombros deben estar relajados.
- De ser posible, debe haber algún tipo de soporte ajustable para los codos, los antebrazos o las manos.

El asiento de trabajo

Un asiendo de trabajo adecuado debe satisfacer determinadas prescripciones ergonómicas. Siga las siguientes directrices al elegir un asiento:

- El asiendo de trabajo debe ser adecuado para la labor que se vaya a desempeñar y para la altura de la mesa o el banco de trabajo.
- Lo mejor es que la altura del asiento y del respaldo sean ajustables por separado. También se debe poder ajustar la inclinación del respaldo.
- El asiento debe permitir al trabajador inclinarse hacia adelante o hacia atrás con facilidad.
- El trabajador debe tener espacio suficiente para las piernas debajo de la mesa de trabajo y poder cambiar de posición de piernas con facilidad.
- Los pies deben estar planos sobre el suelo. Si no es posible, se debe facilitar al trabajador un escabel, que ayudará además a eliminar la presión de la espalda sobre los muslos y las rodillas.
- El asiento debe tener un respaldo en el que apoyar la parte inferior de la espalda.

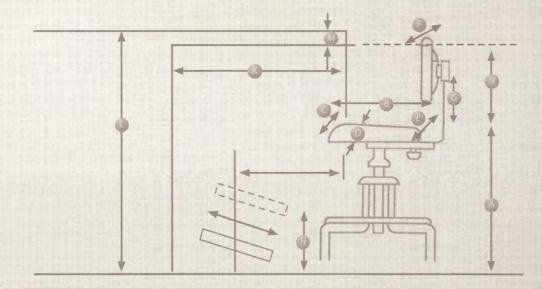
- El asiento debe inclinase ligeramente hacia abajo en el borde delantero.
- Lo mejor sería que el asiento tuviese cinco patas para ser más estable.
- Es preferible que los brazos del asiento se puedan quitar porque a algunos trabajadores no les resultan cómodos. En cualquier caso, los brazos del asiento no deben impedir al trabajador acercarse suficientemente a la mesa de trabajo.
- El asiento debe estar tapizado con un tejido respirable para evitar resbalarse.

Consulte la la tabla en la página siguiente.

Para algunos trabajadores, sobre todo de los países en desarrollo, buena parte de esta información puede ser algo idealista. Lo importantes, es que los trabajadores y sus representantes entiendan que muchos problemas de salud y de seguridad guardan relación con la falta de aplicación de los principios de la ergonomía en el lugar de trabajo. Si conciben la importancia de la ergonomía, los trabajadores pueden empezar a mejorar su situación laboral, sobre todo si la dirección comprende las relaciones que hay entre la productividad y unas buenas condiciones ergonómicas.

El trabajo que se realiza de pie Siempre que sea posible se debe evitar permanecer en pie trabajando

Parametro del aciento	Valor del diseño en pulgado (cm) a menos que especifique	3333.3356.00 (CONTROL OF THE PROPERTY OF THE P
A - altura del asiento	16-20.5 (40-52)	Demasiado alto comprime muslos; demasiado bajo presiona discos
A - profundidad del asiento	15-17 (38-43)	Demasiado largo corta la región popliteal, usar contorno de caída de agua.
C - ancho del asiento	18.2 (46.2)	Se recomiendan asientos más anchos para individuos con sobrepeso
D - ángulo del asiento	-10 a + 10	La inclinación hacia abajo requiere más fricción en la tela
E - ángulo entre el asiento y res	paldo 90	Preferible 105, pero requiere modificaciones a la estación de trabajo
F - ancho del respaldo	12 (30.5)	Medido en la región lumbar
G - soporte lumbar	6-9 (15-23)	Altura vertical del asiento al centro del soporte lumbar
 H - altura de descansapies I - Profundidad de descansapi J - Distancia del descansapies K - Claro para las piernas 	1-9 (2.5-23) es 12(30.5) 16.5 (42) 26 (-81)	Determinado por la altura del codo
L - Altura de la superficie de tral	oajo 32 (81)	Determinado por la altura del codo en el descanso
M - Grueso de la superficie de tr N - Claro de los muslos	rabajo 2 (5) 8 (20)	Valor máximo Valor minimo















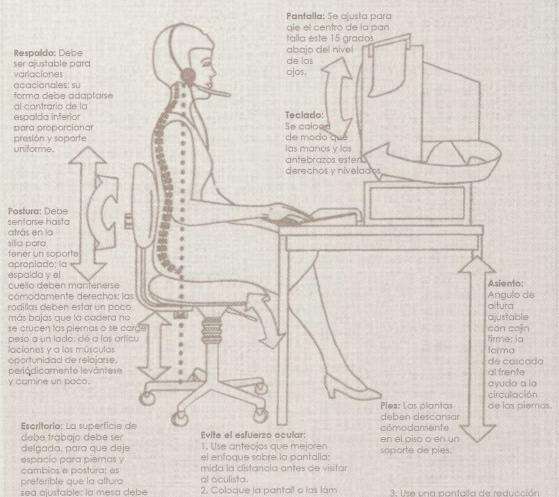
Brazos: Cuando las manos del operario están en el teclado, el brazo y el antebrazo deben formar ángulo recto; l as manos deben estar alineadas con el antebrazo; si las manos forman ángulo hacia arriba en las muñecas, intente usar extensión del teclado al frente; las coderas optativas deben ser ajustables.

Teléfono: El acomodo forzado del auricular del teléfono entre la cabeza y el hombro, puede causar tensión muscular: la "diadema" o audifono de manos libre deja cabeza y cuello en posición norma y las manos libres.

Portadocumentos: Debe estar a la misma altura y distancia del usuario que la pantalla, de mado que los ojos tengan el misma foco al mirar de uno a otro.

4. Periódicamente mire a la

decansen.



paras de modo que la luz sea

indirecta: no dirija el brillo de la

colin del ration.

tener suficiente espacio

para libros, archivos, télefono

y permitir posiciones diferentes de pantalla, el teclado y el durante largos períodos de tiempo. El permanecer mucho tiempo de pie puede provocar dolores de espalda, inflamación de las piernas, problemas de circulación sanguínea, llagas en los pies y cansancio muscular. A continuación figuran algunas directrices que se deben seguir si no se puede evitar el trabajo de pie:

- Si un trabajo debe realizarse de pie, se debe facilitar al trabajador un asiento o taburete para que pueda sentarse a intervalos periódicos.
- Los trabajadores deben poder trabajar con los brazos a lo largo del cuerpo y sin tener que encorvarse ni girar la espalda excesivamente.
- La superficie de trabajo debe ser ajustable a las distintas alturas de los trabajadores y las distintas tareas que deban realizar.
- Si la superficie de trabajo no es ajustable, hay que facilitar un pedestal para elevar la superficie de trabajo a los trabajadores más altos. A los más bajos, se les debe facilitar una plataforma para elevar su altura de trabajo.
- Se debe facilitar un escabel para ayudar a reducir la presión sobre la espalda y para que el trabajador pueda cambiar de postura. Trasladar peso de vez en cuando disminuye la presión sobre las piernas y la espalda.
- En el suelo debe haber una estera para que el trabajador no

tenga que estar en pie sobre una superficie dura. Si el suelo es de cemento o metal, se puede tapar para que absorba los choques. El suelo debe estar limpio, liso y no ser resbaladizo.

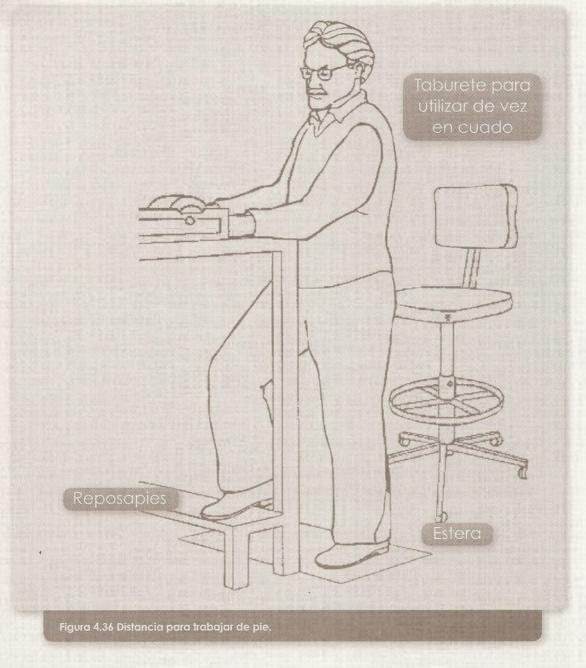
- Los trabajadores deben llevar zapatos con empeine reforzado y tacos bajos cuando trabajen de pie.
- Debe haber espacio bastante en el suelo y para las rodillas a fin de que el trabajador pueda cambiar de postura mientras trabaja.

El trabajador no debe tener que estirarse para realizar sus tareas. Así pues, el trabajo deberá ser realizado a una distancia de 8 a 12 pulgadas (20 a 30 centímetros) frente al cuerpo.

Las herramientas manuales y los controles

Las herramientas manuales

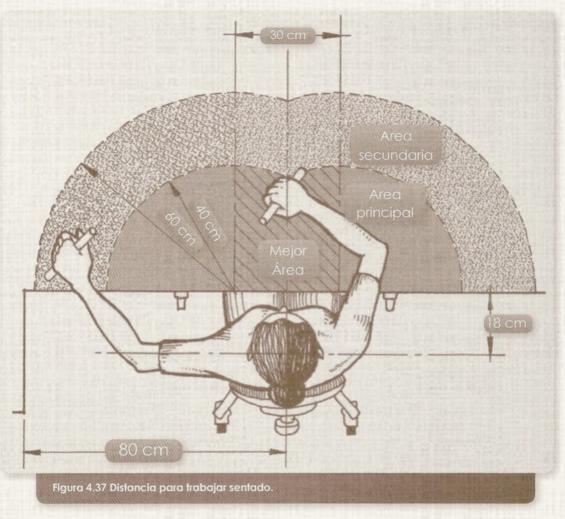
Hay que diseñar las herramientas manuales conforme a prescripciones ergonómicas. Unas herramientas manuales mal diseñadas, o que no se ajustan al trabajador o a la tarea a realizar, pueden tener consecuencias negativas en la salud y disminuir la productividad del trabajador. Para evitar problemas de salud y mantener la productividad del trabajador, las herramientas manuales deben ser diseñadas de manera que se adapten tanto a la persona como a la tarea.



Unas herramientas bien diseñadas pueden contribuir a que se adopten posiciones y movimientos correctos y aumentar la productividad.

Siga las siguientes normas al seleccionar las herramientas manuales:

- Evite adquirir herramientas manuales de mala calidad.
- Escoja herramientas que permitan al trabajador emplear los músculos más grandes de los hombros, los brazos y las piernas, en lugar de



los músculos más pequeños de las

muñec'as y los dedos.

 Evite sujetar una herramienta continuamente levantando los brazos o tener agarrada una herramienta pesada. Unas herramientas bien diseñadas permiten al trabajador mantener los codos cerca del cuerpo para evitar daños en los hombros o brazos. Además, si las herramientas han sido bien diseñadas, el trabajador no tendrá que doblar las muñecas, agacharse ni girarse.

- Escoja asas y mangos lo bastante grandes como para ajustarse a toda la mano; de esa manera disminuirá toda presión incómoda en la palma de la mano o en las articulaciones de los dedos y la mano.
- No utilice herramientas que tengan huecos en los que puedan quedar atrapados los dedos o la piel.

- Utilice herramientas de doble mango o asa, por ejemplo tijeras, pinzas o cortadoras. La distancia no debe ser tal que la mano tenga que hacer un esfuerzo excesivo.
- No elija herramientas que tengan asas perfiladas; se ajustan sólo a un tamaño de mano y hacen presión sobre las manos si no son del tamaño adecuado.
- Haga que las herramientas manuales sean fáciles de agarrar.
 Las asas deben llevar además un buen aislamiento eléctrico y no tener ningún borde ni espinas

- cortantes. Recubra las asas con plástico para que no resbalen.
- Evite utilizar herramientas que obliguen a la muñeca a curvarse o adoptar una posición extraña.
 Diseñe las herramientas para que sean ellas las que se curven, no la muñeca.
- Elija herramientas que tengan un peso bien equilibrado y cuide de que se utilicen en la posición correcta.
- Controle que las herramientas se mantienen adecuadamente.



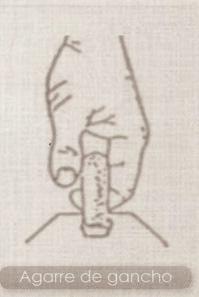


Contracción lateral

• Las herramientas deben ajustarse a los trabajadores zurdos o diestros.









Uso de las tenazas

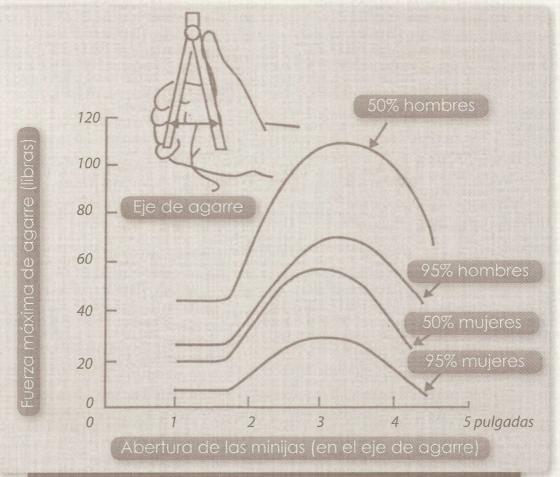


Figura 4.39 Capacidad de fuerza de agarre para distintas distribuciones como función del espacio de agarre.

La empuñadura con una sola mano tiene los valores máximos, como se muestra en la figura, aunque no es adecuada para una repetición frecuente.

No utilicen herramientas que tengan huecos en los que puedan quedar atrapados los dedos o la carne.

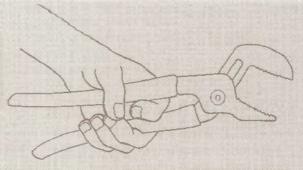


Figura 4.40 Capacidad de fuerza de agarre para distintas distribuciones como función del espacio de agarre.

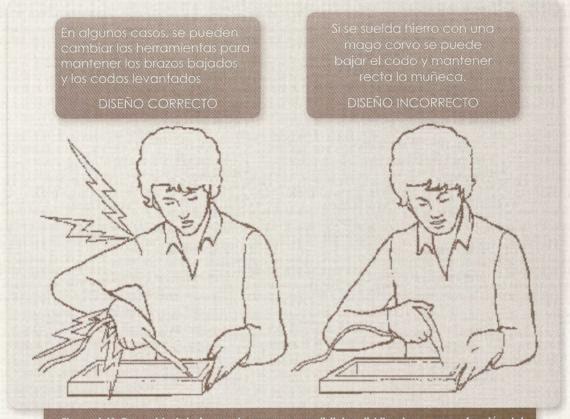


Figura 4.41 Capacidad de fuerza de agarre para distintas distribuciones como función del espacio de agarre.

Controles

Los conmutadores, las palancas y los botones y manillas de control también tienen que ser diseñados teniendo presentes al trabajador y la tarea que habrá de realizar. A continuación figuran algunas normas con miras al diseño de los controles:

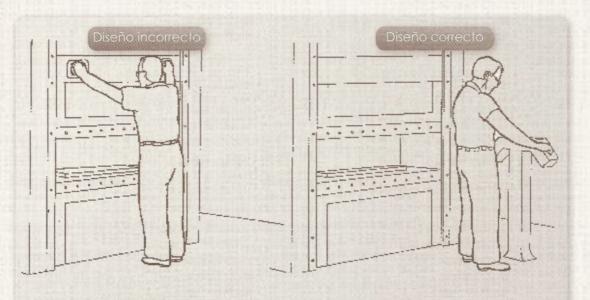
Los conmutadores, las palancas y los botones y manillas de control deben estar fácilmente al alcance del operador de una máquina que se halle en una posición normal, tanto de pie como sentado. Esto es especialmente

importante si hay que utilizar los controles con frecuencia.

- Seleccione los controles adecuados a la tarea que haya que realizar. Así, por ejemplo, elija controles manuales para operaciones de precisión o de velocidad elevada, y, en cambio, controles de pie, por ejemplo pedales, para operaciones que exijan más fuerza. Un operador no debe utilizar dos o más pedales.
- Diseñe o rediseñe los controles para las operaciones que exijan el uso de las dos manos.

- Los disparadores deben ser manejados con varios dedos, no sólo con uno.
- Es importante que se distinga con claridad entre los controles de emergencia y los que se utilizan para operaciones normales. Se puede efectuar esa distinción mediante una separación material, códigos de colores, etiquetas claramente redactadas o protecciones de la máquina.
- Diseñe los controles de manera que se evite la puesta en marcha accidental. Se puede hacer

- espaciándolos adecuadamente, haciendo que ofrezcan la adecuada resistencia, poniendo cavidades o protecciones.
- Es importante que los procedimientos para hacer funcionar los controles se puedan entender fácilmente utilizando el sentido común. Las reacciones del sentido común pueden diferir según los países y habrá que tener en cuenta esas diferencias, sobre todo cuando haya que trabajar con equipo importado.



A veces hay que diseñar denuevo el puesto de trabajo para proteger los brazos, el cuello y los hombros a fin de que los trabajadores no contraigan una LER. Así por ejemplo, para resolver el problema se puede mover o (ampliar) a menudo los controles.

Si se bajan los botones a la altura de la palma de la mano, los brazos pueden estar más bajos que los hombros y el trabajador seguirá estando seguro.

Diseño del entorno del trabajo

Las condiciones de trabajo aumentan la producción, mejoran la seguridad, reducen el ausentismo, los retrasos y la rotación del personal, eleva el ánimo de los empleados y mejora las relaciones interpersonales.

Los estudios científicos controlados han demostrado los beneficios de mejorar la iluminación, disminuir el ruido y la vibración y el efecto del clima.

1. Iluminación: Debe proporcionar una percepción visual en todas las actividades a realizarse. De acuerdo con la teoría básica La luz proviene de manera esférica en todas las direcciones desde la fuente. La cantidad de luz que llega a una superficie o a una sección de esta esfera se conoce como iluminación o iluminancia y se mide en pies-candela (fc).

La cantidad de iluminación que llega a la superficie disminuye según el cuadrado de la distancia (d) en pies de la fuente a la superficie:

Iluminancia = intensidad/d²

La visibilidad es la claridad con que las personas ven algo. Los factores críticos son: Angulo visual: es el ángulo subtendido al nivel de los ojos por el objeto

Contraste: es la diferencia en luminancia entre un objeto o meta visual y su fondo

Iluminancia: es el enfoque más sencillo para mejorar la visibilidad en la tarea.

En 1959. Blackwell cuantifico la relación entre estos tres factores. desarrollando los estándares de de la Iluminating iluminación Engineering Society of Noth America (IESNA, 1995), las cuales muestran la relación entre tamaño y objeto, la cantidad de iluminación y el contraste entre el objeto y el fondo, a pesar de esto en la actualidad no se utilizan. Los analistas luego de determinar los requerimientos para el área de estudio , seleccionan las fuentes adecuadas de luz artificial, teniendo en cuenta dos factores: la eficiencia y el rendimiento del color. La siguiente tabla ofrece esta información para los principales tipos de luz artificial.

Consulte la tabla en la página siguiente.

Y las luminarias, que son las fuentes más comunes de iluminación industrial, se clasifican de acuerdo con el porcentaje de luz total emitida arriba y abajo de la horizontal como se muestra a continuación en la tabla y figura:

La iluminación del lugar de trabajo puede ser apropiada para el sector industrial como para el sector administrativo. Una característica

Categoría	Intervalo de iluminación (fc)	Tipo de actividad	Area de referencia
A	2-3-5	Áreas públicas con oscuridad alrededor.	
В	5-7.5-10	Orientación sencilla para visitas cortas temporales.	Luz general en toda la habitación o área
С	10-15-20	Espacios de trabajo donde en ocasiones se realizan tareas visuales.	na nabitación o area
D	20-30-50	Realización de tareas visuales de alto contraste o gran tamaño, como lectura de material impreso, originales a máquina, escritos a mano con tinta y copias, trabajo burdo manual o con máquinas, inspección normal, ensamble grueso.	
E	50-75-100	Realización de tareas visuales de contraste medio o pequeñas, como lectura de escritos a mano con lápiz medio, material reproducido o impreso con defectos, trabajo medio manual o con máquinas, inspección difícil, ensamble medio.	Iluminación sobre la tarea
F	100-150-200	Realización de tareas visuales de bajo contraste o tamaño muy pequeño, como lectura de escritos a mano con lápiz duro o en papel de mala calidad y material de reproducción muy malo, inspección muy difícil.	
G	200-300-500	Realización de tareas visuales de bajo contraste y tamaño muy pequeño durante un periodo prolongado, como ensamble fino, inspección muy difícil, trabajo manual o con máquinas muy fino y ensamble extrafino.	Iluminación sobre la
Н	500-750-1000	Realización de tareas visuales exactas y pro- longadas, como la inspección más difícil, trabajo manual y con máquinas extrafino y ensamble extra fino	tarea mediante una combinación de luz general y suplemen- taria local
1	1000-1500-2000	Realización de tareas visuales muy especiales de contraste en extremo bajo y tamaño muy pequeño, como procedimientos quirúrgicos.	

Características de la farea y el frabajo	Pon	deración o p	eso
	-1	0	+1
Edad	Menor a 40	30-70%	mayor a 55
Reflectancia del fondo de tarea/superficie	Mayor al 70%		menor a 30
Velocidad y exactitud (sólo para las categorías D a I)	No importante		Cieroçto

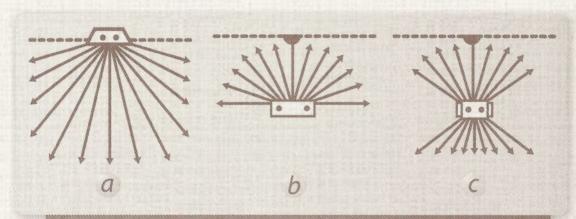


Figura 4.43 Las iluminarias para iluminación general se clasifican según el porcentaje de luz total emitida y abajo de la horizontal. Tres categorias son: a) luz directa, b) luz indirecta, c) luz directa-indirecta

critica del sistema de iluminación es la dirección de la iluminaria; esta puede ser:

- a. Iluminación directa: con el 90% o más del flujo emitido hacia la horizontal sobre la tarea.
- **b.** *Iluminación semi-directa:* 90 a 60% hacia abajo.
- Iluminación difusa general: 60 a 40% hacia abajo.
- d. Iluminación semi-indirecta: 40 a 10% hacia abajo.
- e. Iluminación indirecta: 10% o menos hacia abajo.

Un aspecto crítico se presenta con la iluminación directa, la mayor parte de la luz llega directamente a la tarea, sin embargo se pueden presentar inconvenientes con el resplandor por el contraste de la tarea con su entorno, otro aspecto es la reflejo de la superficie del recinto. De todas maneras, al presentarse que la iluminación del recinto sea la única fuente de iluminación de la tarea, es necesario determinar cuántas luces se requieren para producir cierto nivel de iluminación en determinado espacio. De igual manera, resplandor y la aceptabilidad a la luz

de color se relacionan directamente con la comodidad producida por la iluminación, aunque las preferencias se pueden determinar por el tamaño, la forma y su distancia, más que al color

 Ruido y vibración: Debe evitarse los efectos molestos o nocivos del ruido, y las vibraciones, incluyendo los del exterior.

El ruido es un sonido no deseado. Las ondas de sonido se originan por la vibración de algún objeto, que a su vez establece una sucesión de ondas de comprensión y expansión a través del medio que las transporta, mientras que la vibración es indeseable y puede causar fatiga estructural y eventuales fallas en los sistemas mecánicos; igualmente pueden producir sonidos y transmitirlos a través del aire.

El ruido intenso en una planta de trabajo, puede tener efectos principales a lo largo de toda una vida de trabajo: sordera permanente en los trabajadores, además produce algunos efectos sobre la concentración en la tarea, en la eficiencia y en la productividad.

El sonido se puede definir en términos de las frecuencias que determinan su tono y calidad, contiguo a las amplitudes que fijan su intensidad. Las frecuencias aproximadas audibles para el oído humano oscilan entre 20 a 20.000 ciclos por segundo, llamados

Hertz, La ecuación fundamental de propagación de onda es:

 $C = f\lambda$

donde:

C Velocidad del sonido (1100pies/s).

f Frecuencia en Hz.

\(\lambda\) Longitud de onda en pies.

La intensidad del sonido se mide en decibeles; al crecer la amplitud de las ondas sonoras aumenta la presión del sonido medido en la escala de decibeles.

El nivel de presión del sonido (L) en decibeles (dB) está dado por:

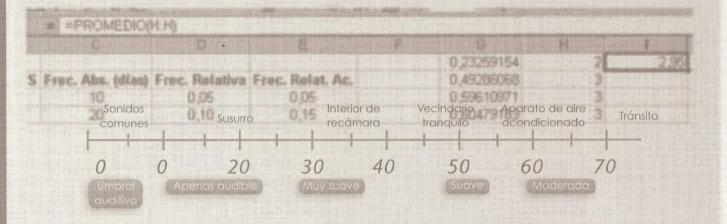
 $\mathsf{L=}20log_{10}P_{rms/P_{ref}}$

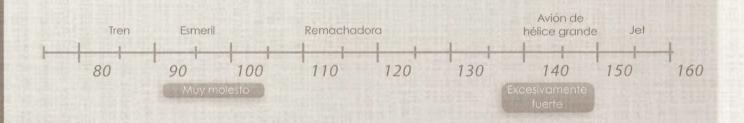
donde:

Presión del sonido en el límite de audición de una persona joven a 1000Hz (0.0002 microbars).

Prms presión del sonido en microbars (dinas/cm²).

Los valores en decibeles de sonidos comunes (dBA) se muestran en la siguiente





Siendo la unidad de ruido más aceptada; desde los puntos de vista psicológicos y fisiológicos, las frecuencias baias (50-500Hz) son menos molestas y periudiciales que los sonidos en los intervalos críticos de frecuencias de 1000-4000Hz... la causa más común de la sordera conductiva es la exposición excesiva al ruido ocupacional v esta se produce cuando la frecuencia se acerca al intervalo de 2400 a 4800 Hz. El ruido se clasifica generalmente en ruido de banda ancha, el cual puede ser continuo o intermitente: v el significativo, que representa la información que distrae e impacta la eficiencia del trabajador. Ambos distraen, inquietan, y producen una disminución en la productividad y un aumento en la fatiga del trabajador. La Occupational Safety and Health Act (OSHA), utiliza el concepto de dosis de ruido, donde la exposición a cualquier nivel de sonido superior a 80 dBA, causa una dosis parcial en quien lo escucha.

$$D = 100 \times (C_1/T_1 + C_2/T_2 + ..+ C_n/T_n) \le 100$$

Donde,

D Dosis de sonido.

C Tiempo de exposición a niveles específicos de ruido (horas).

Tiempo permitido a un nivel especifico de ruido (horas).

La exposición total a diferentes niveles de ruido no debe exceder el 100% de una dosis. Por lo general, las maquinas siempre están sujetas (empotradas) al piso o a grandes superficies de metal y con facilidad transmiten el sonido a bajas frecuencias; el aislamiento de la vibración disminuye esta dificultad, sin embargo causa efectos en el desempeño del recurso humano. Los parámetros de vibración son frecuencia, amplitud, velocidad, aceleración y sacudida. Los parámetros de vibración son frecuencia, amplitud, velocidad, aceleración y sacudida. En las vibraciones senoidales, la amplitud y sus derivadas respecto al tiempo son:

Amplitud (s) = máximo desde la posición estática (pulg)

Velocidad máxima $\frac{ds}{dt} = 2\pi(s)(f)$ pulg/s

Aceleración máxima $\frac{d^2s}{dt^2} = 4\pi^2$ (s)(\int^2) pulg/ s^2

Sacudida máxima $\frac{d^3s}{dt^3} = 4\pi^3$ (s)(\int^3) pulg/s³

Donde:

f Frecuencia

s Amplitud de desplazamiento

Los parámetros esenciales utilizados para caracterizar la intensidad de la vibración son: el desplazamiento y la aceleración máxima. La vibración se puede manifestar en tres clases:

1. En situaciones en las que se afecta a todo un fragmento importante

de la superficie del cuerpo, en casos cuando los sonidos de alta intensidad en el aire o el agua excitan la vibración.

- 2. En casos, en los que las vibraciones se trasmiten al cuerpo a través de un área de soporte; como en los pies de una persona de pie junto a una instalación que vibra en una fundición.
- 3. En instancias, en las que las vibraciones se aplican a una parte especifica del área del cuerpo; por ejemplo a la mano que sostiene y opera una herramienta de potencia.

Un sistema mecánico se puede modelar usando una masa, un resorte y un amortiguador que combinados, dan un sistema con su propia frecuencia natural, tendiendo a oscilarse, igual que las oscilaciones en el cuerpo. La tolerancia humana a la vibración se reduce al aumentar el tiempo de exposición, provocando que el nivel de aceleración permisible aumente si el tiempo de exposición disminuye. La International Standars Organization (ISO) y la American National Standards Institute (ANSI), han desarrollado límites para la vibracion en todo el cuerpo para trasporte y aplicaciones industriales. Los estándares especifican los límites en términos de desaceleración, frecuencia, y duración.

3. Efecto del clima: Las condiciones térmicas deben ajustarse según las condiciones climáticas locales, teniendo en cuenta: la temperatura, humedad y velocidad del aire, la

radiación térmica, la intensidad del trabajo físico a desarrollar, las características de la ropa y el material de trabajo. El intercambio de calor entre el cuerpo y su entorno se puede representar por la siguiente ecuación de balance de calor:

Donde:

$S = M \pm C \pm R - E$

Donde:

- M Aumento de calor por el metabolismo.
- C Aumento de calor (pérdida) por convección.
- R Aumento de calor (perdida) por radiación.
- E Pérdida de calor a través de la evaporación del sudor.
- S Almacenamiento de calor (o pérdida) del cuerpo.

Métodos de control

Existen métodos de control para reducir la tensión por calor con la implantación de controles de ingeniería por medio de:

- Modificación del ambiente, que es una consecuencia directa de la ecuación de balance de calor.
- 2. Controles administrativos, modifican la programación del trabajo para disminuir la carga

metabólica mediante periodos de trabajo/descanso, aclimatar a los trabajadores, rotarlos dentro y fuera del entorno caliente y usar chalecos de enfriamiento.

Tensión por frio

El índice de tensión por frio es el índice de factor de viento y describe la tasa de perdida de calor por radiación v convección como una función de la temperatura del ambiente y la velocidad del viento. Su uso no es directo, se convierte a una temperatura equivalente con factor de viento. Con el fin de que el operario mantenga un balance térmico en esas condiciones de temperatura baja, debe existir una relación estrecha entre la actividad física del operario y el aislamiento proporcionado por la ropa protectora. Las partes del cuerpo que se deben proteger de manera especial son: la cabeza, las manos y los pies. Usando gorros, guantes y manteniendo los pies secos y calientes.

Ventilación

Se debe proporcionar una adecuada ventilación, debido a que las personas, junto con la maquinaria y actividades realizadas en un determinado lugar, deterioran el aire interior por la liberación de olores y calor, la formación de vapor de agua, la producción de bióxido de carbono y vapores tóxicos. El uso de ventiladores, en la práctica industrial puede proporcionar ventilación local, ubicándolos lejos de

la cara del operario y a un nivel más bajo.

Toxicología

El objetivo principal de la toxicología industrial es la prevención de los efectos tóxicos dañinos en el ambiente laboral: la intoxicación puede ser aguda. retardada o crónica. La inhalación es el medio más común de riesgo industrial. afectando directamente al cerebro y los riñones. Las sustancias orgánicas cambian dentro del organismo a causa de reacciones metabólicas. El metabolismo de agentes químicos también depende de los factores psicológicos que caracterizan a los trabajadores expuestos, como la edad, elsexo, condición nutricional, embarazo u otras posibles enfermedades. De igual manera, los factores ambientales y la exposición simultánea a más de un agente químico pueden producir una acción sinérgica en el metabolismo y en los efectos. La excreción de agentes tóxicos se realiza a través de la orina. la bilis, el aire exhalado, el sudor, las secreciones intestinales-estomacales. entre otras. La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) y la OSHA, establecieron los valores límites de umbral (TVL) para diferentes agentes químicos; se refieren al monitoreo ambiental. Es imprescindible contar con la información adecuada desde comienzo del trabajo, lo cual aumenta el conocimiento del trabajador sobre las propiedades y peligros de los agentes químicos y lo protegen y motivan para evitar los peligros. Los

cambios en el comportamiento se evidencian como la manifestación temprana de los efectos nocivos. En ese sentido, las investigaciones psicológicas subjetivas y los síntomas neurológicos y los métodos de verificación de la conducta, conforman herramientas en la prevención de una intoxicación más grave.

Anexos: Tablas de Ashcroft

- N-1N-2N-2N-4N-5N-6N-7N-9N-0N-10

p	N=1	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8	N=9	N=10
0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,01	0,99	1,98	2,97	3,96	4,95	5,94	6,93	7,92	8,91	9,90
0,02	0,98	1,96	2,94	3,92	4,90	5,88	6,85	7,83	8,81	9,78
0,03	0,97	1,94	2,91	3,88	4,84	5,81	6,77	7,74	8,70	9,66
0,04	0,96	1,92	2,88	3,84	4,79	5,74	6,69	7,64	8,58	9,52
0,05	0,95	1,90	2,85	3,79	4,74	5,67	6,61	7,53	8,45	9,37
0,06	0,94	1,88	2,82	3,75	4,68	5,60	6,51	7,42	8,31	9,19
0,07	0,93	1,86	2,79	3,71	4,62	5,52	6,42	7,29	8,15	8,99
0,08	0,93	1,85	2,76	3,67	4,56	5,44	6,31	7,16	7,98	8,76
0,10	0,91	1,81	2,70	3,58	4,44	5,28	6,08	6,85	7,57	8,21
0,11	0,90	1,79	2,67	3,53	4,38	5,19	5,96	6,68	7,33	7,89
0,12	0,89	1,77	2,64	3,49	4,31	5,10	5,83	6,50	7,08	7,55
0,13	0,88	1,76	2,61	3,44	4,24	5,00	5,69	6,31	6,81	7,19
0,14	0,88	1,74	2,58	3,40	4,18	4,90	5,55	6,10	6,53	6,83
0,15	0,87	1,72	2,55	3,35	4,11	4,80	5,40	5,90	6,25	6,48
0,16	0,86	1,71	2,52	3,31	4,04	4,70	5,25	5,68	5,97	6,14
0,17	0,85	1,69	2,50	3,26	3,97	4,59	5,10	5,47	5,70	5,82
0,18	0,85	1,67	2,48	3,22	3,90	4,48	4,94	5,26	5,44	5,52
0,19	0,84	1,66	2,44	3,17	3,83	4,37	4,79	5,05	5,19	5,24
0,20	0,83	1,64	2,41	3,12	3,75	4,26	4,63	4,85	4,95	4,99
0,21	0,83	1,62	2,38	3,08	3,68	4,15	4,48	4,66	4,73	4,75
0,22	0,82	1,61	2,35	3,03	3,61	4,04	4,33	4,47	4,53	4,54
0,23	0,81	1,59	2,33	2,98	3,53	3,94	4,18	4,30	4,34	4,34
0,24	0,81	1,58	2,30	2,94	3,46	3,83	4,04	4,13	4,16	4,16
0,25	0,80	1,56	2,27	2,89	3,39	3,73	3,90	3,98	4,00	4,00

p	N = 11	N = 12	N = 13	N = 14	N = 15	N = 16	N = 17	N = 18	N = 19	N = 2
0,000	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00
0,005	10,94	11,94	12,93	13,93	14,92	15,92	16,91	17,91	18,90	19,89
0,010	10,88	11,87	12,86	13,85	14,84	15,83	16,82	17,80	18,79	19,78
0,015	10,82	11,80	12,79	13,77	14,75	15,73	16,71	17,69	18,69	19,65
0,020	10,76	11,73	12,71	13,68	14,65	15,62	16,59	17,56	18,53	19,50
0,025	10,69	11,66	12,62	13,58	14,54	15,50	16,46	17,41	18,37	19,32
0,030	10,62	11,57	12,53	13,48	14,42	15,37	16,31	17,24	18,17	19,10
0,035	10,54	11,48	12,42	13,36	14,29	15,21	16,13	17,04	17,94	18,82
0,040	10,46	11,39	12.31	13,23	14,13	15,03	15,92	16,79	17,64	18,48
0,045	10,37	11,28	12,18	13,08	13,95	14,82	15,66	16,48	17,27	18,03
0,050	10,27	11,16	12,04	12,91	13,75	14,57	15,35	16,10	16,81	17,45
0,055	10,17	11,04	11,89	12,71	13,51	14,27	14,98	15,64	16,25	16,75
0,060	10,05	10,90	11,71	12,49	13,23	13,92	14,54	15,09	15,56	15,93
0,065	9,93	10,74	11,51	12,24	12,91	13,52	14,04	14,47	14,80	15,04
0,070	9,80	10,57	11,29	11,96	12,55	13,06	13,47	13,78	14,00	14,14
0,075	9,65	10,38	11,05	11,65	12,15	12,56	12,87	13,08	13,20	13,28
0.080	9,50	10,18	10,79	11,30	11,72	12,03	12,25	12,38	12,45	12,48
0,085	9,33	9,96	10,50	10,94	11,27	11,49	11,63	11,71	11,74	11,76
0,090	9,15	9,72	10,19	10,55	10,80	10,96	11,05	11,09	11,10	11,11
0,095	8,96	9,47	9,87	10,16	10,34	10,45	10,49	10,52	10,52	10,52
0,100	8,76	9,21	9,54	9,76	9,89	9,96	9,98	9,99	10,00	10,00
0,105	8,55	8,94	9,21	9,38	9,46	9,50	9,52	9,52	9,52	9.57
0,110	8,34	8,67	8,88	9,00	9,06	9,08	9,09	9,09	9,09	9,09
0,115	8,12	8,39	8,56	8,64	8,68	8,69	8,69	8,69	8,69	8,69
0,120	7,89	8,12	8,24	8,30	8,32	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33
0,125	7,67	7,85	7,94	7,98	7,99	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00

p	N=21	N = 22	N=23	N=24	N=25	N = 26	N = 27	N = 28	N = 29	N = 30
0,0000	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00
0,0025	20,95	21,94	22,94	23,94	24,94	25,93	26,93	27,93	28,92	29,92
0,0035	20,92	21,82	22,92	23,91	24,91	25,90	26,90	27,90	28,89	29,89
0,0045	20,90	21,90	22,89	23,89	24,88	25,88	26,87	27,87	28,86	29,86
0,0055	20,88	21,87	22,87	23,86	24,85	25,85	26,84	27,83	28,83	29,82
0,0065	20,85	21,85	22,84	23,83	24,82	25,82	26,81	27,80	28,79	29,78
0,0075	20,83	21,82	22,81	23,80	24,79	25,78	26,77	27,77	28,76	29,75
0,0085	20,80	21,79	22,78	23,77	24,76	25,75	26,74	27,73	28,72	29,71
0,0095	20,78	21,77	22,76	23,74	24,73	25,72	26,71	27,69	28,68	29,67
0,0105	20,75	21,74	22,73	23,71	24,70	25,68	26,67	27,65	28,64	29,62
0,0115	20,73	21,71	22,70	23,68	24,66	25,65	26,63	27,61	28,59	29,58
0,0125	20,70	21,68	22,66	23,65	24,63	25,61	26,59	27,57	28,55	29,53
0,0135	20,67	21,65	22,63	23,61	24,59	25,57	26,55	27,53	28,50	29,48
0,0145	20,64	21,62	22,60	23,58	24,55	25,53	26,50	27,48	28,45	29,43
0,0155	20,61	21,59	22,57	23,54	24,51	25,48	26,46	27,43	28,40	29,37
0,0165	20,58	21,55	22,53	23,50	24,47	25,44	26,41	27,38	28,34	29,31
0,0175	20,55	21,52	22,49	23,46	24,43	25,39	26,36	27,32	28,28	29,24
0,0185	20,51	21,48	22,45	23,42	24,38	25,34	26,30	27,26	28,22	29,17
0,0195	20,48	21,44	22,41	23,37	24,33	25,29	26,24	27,20	28,15	29,10
0,0200	20,46	21,43	22,39	23,35	24,31	25,26	26,21	27,17	28,11	29,06
0,0205	20,44	21,41	22,37	23,32	24,28	25,23	26,18	27,13	28,08	29,02
0,0210	20,43	21,39	22,34	23,30	24,25	25,20	26,15	27,10	28,04	28,97
0,0215	20,41	21,36	22,32	23,27	24,23	25,17	26,12	27,06	28,00	28,93
0,0220	20,39	21,34	22,30	23,25	24,20	25,14	26,08	27,02	27,95	28,88
0,0225	20,37	21,32	22,27	23,22	24,17	25,11	26,05	26,98	27,91	28,83

p	N = 21	N = 22	N=23	N = 24	N = 25	N=26	N = 27	N=28	N = 29	N = 30
0,0230	20,35	21,30	22,25	23,20	24,14	25,08	26,01	26,94	27,86	28,78
0,0235	20,33	21,28	22,22	23,17	24,11	25,04	25,97	26,90	27,81	28,73
0,0240	20,31	21,25	22,20	23,14	24,07	25,00	25,93	26,85	27,76	28,67
0,0245	20,29	21,23	22,17	23,11	24,04	24,97	25,89	26,81	27,71	28,61
0,0250	20,26	21,21	22,14	23,08	24,01	24,93	25,85	26,76	27,66	28,55
0,0255	20,24	21,18	22,12	23,05	23,97	24,89	25,80	26,71	27,60	28,43
0,0260	20,22	21,16	22,09	23,02	23,94	24,85	25,76	26,65	27,54	28,41
0,0265	20,20	21,13	22,06	22,99	23,90	24,81	25,71	26,60	27,48	28,34
0,0270	20,17	21,10	22,03	22,95	23,86	24,76	25,66	26,54	27,41	28,26
0,0275	20,15	21,08	22,00	22,91	23,82	24,72	25,61	26,48	27,34	28,18
0,0280	20,12	21,05	21,97	22,88	23,78	24,67	25,55	26,42	27,27	28,10
0,0285	20,10	21,02	21,93	22,84	23,74	24,62	25,49	26,35	27,19	28,01
0,0290	20,07	21,00	21,90	22,80	23,69	24,57	25,43	26,28	27,11	27,92
0,0295	20,04	20,96	21,86	22,76	23,65	24,51	25,37	26,21	27,03	27,80
0,0300	20,02	20,93	21,83	22,72	23,60	24,46	25,31	26,14	26,94	27,72
0,0305	19,99	20,90	21,79	22,68	23,55	24,40	25,24	26,06	26,85	27,61
0,0310	19,96	20,86	21,75	22,63	23,50	24,34	24,17	25,97	26,75	27,49
0,0315	19,93	20,83	21,71	22,59	23,44	24,28	25,10	25,89	26,65	27,37
0,0320	19,90	20,79	21,67	22,54	23,39	24,22	25,02	25,80	26,54	27,25
0,0325	19,87	20,76	21,63	22,49	23,33	24,15	24,94	25,70	26,43	27,11
0,0330	19,84	20,72	21,59	22,44	23,27	24,08	24,86	25,60	26,31	26,98
0,0335	19,80	20,68	21,54	22,39	23,21	24,00	24,77	25,50	26,19	26,83
0,0340	19,77	20,64	21,50	22,33	23,14	23,93	24,68	25,39	26,06	26,68
0,0345	19,73	20,60	21,45	22,27	23,08	23,85	24,58	25,28	25,93	26,52
0,0350	19,70	20,55	21,40	22,22	23,01	23,77	24,49	25,16	25,79	26,35
0,0355	19,66	20,51	21,35	22,15	22,93	23,68	24,38	25,04	25,64	26,18

P	IV = 21	IV = 22	IN = 23	IV = 24	N = 23	N = 20	N = 27	N = 28	N = 29	N = 50
0,0360	19,63	20,47	21,29	22,09	22,86	23,59	24,28	24,91	25,49	26,00
0,0365	19,59	20,45	21,24	22,03	22,78	23,50	24,16	24,78	25,33	25,82
0,0370	19,55	20,38	21,18	21,96	22,70	23,40	24,05	24,64	25,17	25,63
0,0375	19,51	20,33	21,13	21,89	22,62	23,30	23,93	24,50	25,00	25,43
0,0380	19,46	20,28	21,07	21,82	22,53	23,19	23,80	24,35	24,83	25,23
0,0385	19,42	20,23	21,00	21,74	22,44	23,09	23,68	24,20	24,65	25,02
0,0390	19,38	20,17	20,94	21,67	22,35	22,98	23,54	24,04	24,46	24,81
0,0395	19,33	20,12	20,87	21,59	22,25	22,86	23,40	23,88	24,28	24,60
0,0400	19,28	20,06	20,80	21,50	22,15	22,74	23,26	23,71	24,08	24,38
0,0405	19,24	20,00	20,73	21,42	22,05	22,62	23,12	23,54	23,89	24,15
0,0410	19,19	19,94	20,66	21,33	21,94	22,50	22,97	23,37	23,69	23,93
0,0415	19,13	19,88	20,59	21,24	21,83	22,36	22,81	23,19	23,48	23,70
0,0420	19,08	19,82	20,51	21,15	21,72	22,23	22,66	23,01	23,28	23,47
0,0425	19,03	19,75	20,43	21,05	21,61	22,09	22,50	22,82	23,07	23,25
0,0430	18,97	19,69	20,35	20,95	21,49	21,95	22,33	22,63	22,86	23,02
0,0435	18,92	19,62	20,26	20,85	21,37	21,81	22,15	22,44	22,65	22,79
0,0440	18,86	19,55	20,18	20,75	21,24	21,66	21,99	22,25	22,43	22,56
0,0445	18,80	19,47	20,09	20,64	21,11	21,51	21,82	22,06	22,22	22,33
0,0450	18,74	19,40	20,00	20,53	20,98	21,36	21,65	21,86	22,01	22,10
0,0460	18,61	19,24	19,81	20,30	20,72	21,04	21,29	21,47	21,59	21,66
0,0470	18,48	19,08	19,61	20,07	20,44	20,73	20,94	21,08	21,17	21,22
0,0480	18,34	18,91	19,41	19,82	20,15	20,40	20,57	20,69	20,76	20,80
0,0490	18,19	18,73	19,19	19,57	19,86	20,07	20,21	20,30	20,36	20,38
0,0500	18,04	18,54	18,97	19,31	19,56	19,74	19,86	19,93	19,96	19,98