



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

TESIS

**“NUEVAS TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS EN LA
MEDICIÓN DEL TRABAJO APLICADAS A LA
INDUSTRIA DE LA MANUFACTURA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

AGUSTÍN AVELINO DÁVILA

ASESOR:

ING. FRANCISCO RAÚL ORTIZ GONZÁLEZ



SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO, 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Mi más sincero agradecimiento a esa inagotable energía superior a cualquier otra conocida en la tierra y el universo llamada Dios, por darme la oportunidad respirar y vivir el día a día con todos sus triunfos y obstáculos; que no es si no experiencia para el mañana. Gracias te doy padre por existir. Gracias amado maestro Jesús, por que tú enseñanza es imperecedera e inmutable.

A mis padres, por que directa o indirectamente me han hecho un hombre de bien, una persona equilibrada que siempre mira al futuro con optimismo y confianza, ya que en mi persona existen bases firmes que solo se pueden encontrar en la familia y en la vida.

A toda mi familia y hermanos, que si unos me alentaron a seguir estudiando desde muy temprana edad, otros reconocen mis capacidades y tienen la confianza de que puedo lograr todo lo que me proponga sin vacilar ante las adversidades.

Mi especial agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y a la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón), instituciones en donde desperté las innumerables habilidades ingenieriles, que me han servido para el ejercicio de mi profesión y la edición de este trabajo de tesis, lo que significa un paso decisivo en mi vida y una meta en mi formación como profesionista.

Mi agradecimiento a mi asesor de tesis Ing. Francisco Raúl Ortiz González, a mi jurado de tesis y a todos mis profesores, unos fuera ya de este mundo, otros enseñando a futuras generaciones y otros disfrutando los frutos de su labor profesional, por haber fundado en mi los conocimientos y técnicas que me han servido en el correcto ejercicio de labor profesional ingenieril.

A mis amigos y lectores, que se dan al afán de leer esta tesis, que tiene el único objetivo de dar nuevos complementos e ideas a la labor ingenieril, y que espero sea de gran ayuda y guía a los retos de este tiempo, futuras generaciones y tiempos venideros.

Gracias.

CONTENIDO

	INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO 1	RAZONES
CAPÍTULO 2	LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS
CAPÍTULO 3	ESTUDIO DE MOVIMIENTOS
	PARTE I
CAPÍTULO 4	ESTUDIO DE MOVIMIENTOS
	PARTE II
CAPÍTULO 5	ESTUDIO DE TIEMPOS
	CONCLUSIONES

CONTENIDO

	Pág.
CONTENIDO	i-iii
INTRODUCCIÓN	I-III
<u>CAPÍTULO 1</u>	
RAZONES	
1.1 Apertura a la Administración Científica	1
1.1.1 La Revolución Industrial	1
1.1.2 Albores de un Nuevo Siglo	5
1.2 Frederick Winslow Taylor	7
1.2.1 Frederick Winslow Taylor (1856–1915), y la Administración Científica	7
1.3 Frank Bunker Gilbreth y Lillian Evellyn Moller de Gilbreth	14
1.3.1 El Trabajo de Frank (1868-1924), y Lillian (1878-1972)	14
1.4 Precursores	16
1.4.1 Precursores de la Administración Científica	16
1.5 Teoría del Estudio de Movimientos, Tiempos y las dos Guerras	19
1.5.1 El Estudio de Movimientos	19
1.5.2 El Estudio de Tiempos	24
1.5.3 Lo Acontecido en las dos Guerras Mundiales	28
1.6 Productividad, Análisis y Medición del Trabajo	30
1.6.1 Productividad	30
1.6.2 Medición y Factores de la Productividad	31
1.6.3 La Mano de Obra y la Productividad	33
1.6.4 La Productividad en las Últimas dos Décadas del Siglo XX	36
1.6.5 Análisis	37
1.6.6 Medición del Trabajo	43
1.6.7 Los Estándares de Mano de Obra	44
<u>CAPÍTULO 2</u>	
LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS	
2.1 Apertura a las Técnicas del Análisis	47
2.1.1 Aspectos Generales del Análisis en la Producción	47
2.1.2 Aspectos Generales del Análisis en la Medición del Trabajo	50
2.2 Temas de Relevancia y Análisis	52
2.2.1 Planeación	52
2.2.2 Objetivos	55
2.2.3 La Investigación y el Modelo	58
2.2.4 Análisis Previo al Examen	65

CONTENIDO

	Pág.
2.2.5 La Implantación y su Análisis	66
2.3 Selección de Alternativas, Ingeniería Económica y el Método TR	68
2.3.1 La Selección y sus Criterios	68
2.3.2 La Ingeniería Económica y la Relación TR-TIR	71
2.3.3 Selección de Alternativas Mediante el Método TR	79
2.4 Selección de Alternativas Mediante el Método de Valor Presente (VP)	86
2.5 Aceptación y Resistencia al Cambio	89
2.6 Registro de una Alternativa	93
2.6.1 Procedimiento de Registro	94

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

3.1 Apertura a los Principios y Factores del Estudio de Movimientos	97
3.1.1 Introducción	97
3.2 Principios del Estudio de Movimientos	98
3.2.1 Principios Relacionados con el uso del Cuerpo Humano	98
3.2.2 Principios Relacionados con el Arreglo del Sitio de Trabajo	107
3.3 La Iluminación Como Factor Principal en el Sitio de Trabajo	115
3.3.1 La Iluminación, sus Propiedades y Efectos en el Entorno Laboral	115
3.4 El Color, el Ruido y la Temperatura en el Sitio de Trabajo	125
3.4.1 Aspectos Psicológicos del Color	126
3.4.2 El Factor Ruido en el Sitio de Trabajo	129
3.4.3 La Temperatura y el Ámbito Laboral	139
3.5 La Ventilación, la Vibración y la Radiación Como Factores Importantes en el Sitio de Trabajo	147
3.5.1 La Ventilación y el Área de Trabajo	147
3.5.2 La Vibración y el Entorno Laboral	151
3.5.3 La Radiación y sus Efectos	156
3.6 El Mantenimiento y la Seguridad Como Factores Indispensables Dentro del Área de Trabajo	158
3.6.1 Condiciones de Mantenimiento en el Área de Trabajo	158
3.6.2 El Equipo de Seguridad	166

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

4.1 Principios de Diseño, Herramientas y Equipo	168
4.1.1 Principios Relacionados con el Diseño de Herramientas y Equipo	168

CONTENIDO

	Pág.
4.2 Therbligs	175
4.2.1 Los 17 Elementos o Therbligs Básicos	176
4.2.2 Clasificación de los Therbligs	190
4.3 Micromovimientos	192
4.4 Métodos y Software	193
4.4.1 Diagrama de Flujo de Proceso	194
4.4.2 Diagrama de Proceso Bimanual	206
4.4.3 Diagrama de Proceso de la Operación	212
4.4.4 Diagrama de Proceso Hombre-Máquina	216
4.5 Fórmulas del Diagrama de Proceso Hombre-Máquina	221
<u>CAPÍTULO 5</u>	
ESTUDIO DE TIEMPOS	
5.1 Principios	224
5.1.1 El Equipo Para el Estudio de Tiempos y sus Principios	228
5.2 Procedimientos	232
5.2.1 Elección del Operario Ideal	233
5.2.2 Información y Registro	234
5.2.3 El uso de Therbligs en la Operación	235
5.2.4 Al Comienzo de un Estudio de Tiempos	237
5.2.5 El Control y Manejo de Dificultades	238
5.2.6 El Ciclo y su Análisis en el Estudio de Tiempos	240
5.2.7 Calificación del Desempeño	241
5.3 Los Factores de Tolerancia	246
5.3.1 Factores de Tolerancia por Necesidades Personales	247
5.3.2 Factor de Tolerancia por Fatiga Básica	247
5.3.3 Factores de Tolerancia por Fatiga Múltiple	248
5.3.4 Factores de Tolerancia por Demoras Inevitables	260
5.3.5 Cálculos Fundamentales del Factor de Tolerancia	267
5.4 Cálculos y Variables Implicadas en el Estudio de Tiempos	268
5.5 Software y Cálculos Adicionales	271
CONCLUSIONES	276
BIBLIOGRAFIA	278

**NUEVAS TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS EN LA MEDICIÓN DEL
TRABAJO APLICADAS A LA INDUSTRIA DE LA MANUFACTURA**

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En las últimas tres décadas, se ha dado una transformación a nivel global en cuanto a la transformación de la materia prima en artículos necesarios para el bienestar diario; es decir, en cuanto a producción. México ante esta situación tiene una posición de privilegio en cuanto a su geografía, pues se encuentra a un costado de la que es hoy la primera potencia mundial, los Estados Unidos de América (USA), que no solo lo es en la cuestión militar, lo es también en cuanto a economía se refiere, esto es muy importante, ya que México tiene firmado un tratado de libre comercio con esta nación y la nación del Canadá.

Sin embargo, como hacer frente a dos potencias mundiales, si México es un país emergente con varias carencias de infraestructura social y económica entre otras, no hay que redundar demasiado; ya en estos tiempos se acaba el proteccionismo en cuanto a importaciones y exportaciones se refiere para los mexicanos, casi los aranceles son nulos y el libre intercambio de productos y tecnología esta originando lentamente un paulatino crecimiento, en el cual, toda la población mexicana sale beneficiada si existen gestiones y una planeación basada en la máxima eficiencia de cada uno de los conformantes de la empresa, sea esta micro, pequeña, mediana o gran empresa.

Existen puntos a analizar, pues en México aproximadamente mas del 60%, de las empresas existentes son microempresas y que en su mayoría son de tipo familiar, las pequeñas empresas le siguen con menor número de porcentaje y las empresas grandes ocupan el menor de estos porcentajes.

En cuanto a lo anterior, no hay que olvidar un punto de gran trascendencia es el siguiente: Son de gran número las empresas a mis conocimientos sean medianas, pequeñas y sobre todo las microempresas las que no utilizan el estudio de movimientos y el estudio de tiempos para evaluar la eficiencia de sus trabajadores respectivos; es decir, la Medición del Trabajo no se hace presente en mucha de la industria que tiene que competir con la industria canadiense y norteamericana. Aun más; el mundo global en cuanto a sociedad, economía y producción crece a pasos agigantados y las tecnologías están cambiando constantemente, lo cual, significa que también los métodos de producción deben ser flexibles y aptos para tales cambios; más eficaces, más fáciles en su

INTRODUCCIÓN

aplicación, comprensibles y de resultados positivos e infalibles en cuanto a lo que se produce y, en cuanto a los ahorros y ganancias esperadas.

Todo tiene un comienzo y desemboca en un fin; la aparición de los norteamericanos Frederick W. Taylor (1856-1915), y los esposos Gilbreth: Frank (1868-1924), y Lillian Evelyn (1878-1972), marcan el inicio de una ciencia cuyas bases se van a encargar de la mejor eficiencia y manera de realizar las labores operativas dentro de fábrica. Con el transcurrir del tiempo y de otros personajes preocupados por el progreso surge lo que hoy se conoce como Medición del Trabajo; piedra fundamental administrativa del trabajo en la fábrica de las industrias actuales.

La medición del trabajo en nuestros días, se divide en varias ramas y es un tópico complejo que de quererse dominar se necesita de un basto conocimiento y experiencia. Se puede decir con seguridad que existen dos temas principales; el estudio de tiempos y el estudio de movimientos, estos tópicos representan la mayor parte en lo referente a una buena administración en producción.

En cuanto a los movimientos, son todo un sistema complejo y de innumerables variables a tomar en cuenta, sin olvidar claro, las tendencias que estos al uso de fórmulas matemáticas que determinan en su momento el mejor desempeño del operario de acuerdo a sus capacidades físicas, las condiciones de trabajo que ofrece la planta y lo mas importante; los factores externos que de una u otra manera afectan directa e indirectamente las labores, así como la cuestión monetaria final esperada por la firma.

El estudio de movimientos tiene que ver en su mayoría con los métodos, más dichos métodos no solo encuentran aplicación en fábrica, estos se analizan y planean detrás de un escritorio, y mas que ser la base para el mejor desempeño de un operario, son las armas principales para los gerentes en el área administrativa, pues definen el curso de la empresa; es decir, hacia donde se dirige y a donde quiere llegar. El análisis es de gran ayuda para los objetivos y curso de una firma, tema amplio también y de discusión, pero de seguir el camino correcto en cuanto a su aplicación solo se tiene un resultado; una mejor planeación, dirección, control, mejores ganancias a futuro y un prestigio como

INTRODUCCIÓN

firma que solo se gana con decisiones minuciosamente tomadas. El énfasis que se hace en la ingeniería económica es de suma importancia, esto con el fin de no tomar decisiones a la ligera para no empezar a caer en una mala administración.

El Estudio de Tiempos para la industria mexicana no es muy común salvo las industrias que son medianas en adelante, pues el capital monetario en juego es mucho más amplio al igual que las ganancias, lo que origina suficiente capital para una mejor administración en las operaciones de planta.

La mayoría de las empresas que no utilizan estas técnicas tienden a tener problemas en sus líneas de producción; los cuellos de botella se presentan en variadas ocasiones pues los estándares de tiempo de fabricación que debe cumplir cada operario no están establecidos, y todo termina plazos de entrega fallidos descontrol en producción y otras consecuencias de la mala administración, la alarma siempre es sonante y hay que tomar correcciones, ya que no existe el ahorro en los costos y, ganancias suficientes para el crecimiento esperado.

En lo referente a los temas tocados y para dar término a las soluciones esperadas; las tendencias y las tecnologías dan una respuesta fácil y óptima ante los retos de competencia global en cuanto a producción se refiere. Existen sistemas y software muy avanzado en cuanto al tema, lo mismo en cuestiones financieras, pero no se les puede sacar el mayor provecho si no se conocen a fondo las bases tanto analíticas como teóricas. La medición del trabajo es la base fundamental de la buena administración en un departamento de producción y, si se tiene la tecnología idónea dadas las circunstancias, lo siguiente es el resultado que culmina en un mejor trabajo, administración ganancias y prestigio como firma.

El presente trabajo está enfocado a dar a conocer las metodologías adyacentes a la Medición del Trabajo, que de considerarse y aplicarse al pie de la letra, dan los mejores beneficios para el trabajo de producción y ganancias para la empresa sea micro, pequeña, mediana y grande.

CAPÍTULO

1

RAZONES

- 1.1 Apertura a la Administración Científica**
- 1.2 Frederick Winslow Taylor**
- 1.3 Frank Bunker Gilbreth y Lillian Evellyn Moller de Gilbreth**
- 1.4 Precursores**
- 1.5 Teoría del Estudio de Movimientos, Tiempos y las dos Guerras**
- 1.6 Productividad, Análisis y Medición del Trabajo**

1.1 Apertura a la Administración Científica

La industria en cuestión de producción, no empezó tal y como se le conoce hoy en día, hubo un proceso de transformación y cambios importantes para el bien de las actuales industrias, que producen bienes o servicios. A continuación; se explica en breve el proceso de transformación de la industria, solo antes de llegar al fundador de la administración científica y, que después será el padre de la ingeniería industrial: Frederick Winslow Taylor.

1.1.1 La Revolución Industrial

Grandes muestras de ingeniería concebidas y, llevadas a cabo por mujeres y hombres en su transitar por la tierra, a través del tiempo y de generación en generación son: Las pirámides de Egipto, el Partenón Griego, la Muralla China, los acueductos, caminos y fastuosos monumentos del Imperio Romano, todas las antes mencionadas son manifestaciones de producción de los pueblos de antaño.

Los métodos de producción eran bastante diferentes a los actuales, los métodos de producción anteriores al siglo XVIII, son llamados sistemas de producción artesanales o rústicos. Fue en Inglaterra y durante el siglo XVIII, cuando un evento sacudió al mundo, este evento se identifica como: Revolución Industrial. Se da este nombre; a la evolución producida en la fabricación de los artículos de suma necesidad a nuestra existencia y en que la máquina ha reemplazado al trabajo manual. Ello ha acarreado múltiples problemas.

El desarrollo mecánico, con el crecimiento de las operaciones industriales y comerciales, la competencia con otras naciones para la obtención de nuevos mercados, los conflictos de clases, la ingerencia del estado en las cuestiones obreras, las huelgas, y, en general, un nivel de vida más adecuado económicamente, son algunos de los rasgos que caracterizan a los países industrializados.

A una sociedad tan complicada no puede llegarse bruscamente, sin embargo, algunas de las transformaciones han obedecido a un desarrollo gradual

CAPÍTULO 1 RAZONES

y, en efecto, ciertos aspectos de nuestra vida económica eran ya conocidos mucho antes de la Revolución Industrial.

Antes del siglo XVIII, ya se invertían grandes capitales en la industria y los fenómenos tan modernos de la producción en masa, que tampoco eran desconocidos. Así debía ser, puesto que ningún pueblo, en ninguna época, podía pasar repentinamente de una economía primitiva y simple a otra tan compleja como la actual.

Por esta razón, el término Revolución Industrial no es el correcto, pues, más que una revolución se trata de una evolución acelerada, especialmente a partir del siglo XVIII.

Sin embargo, y atendiendo al papel decisivo que desempeñaron los grandes inventos de los siglos XVIII y XIX, la denominación Revolución Industrial, introducida por el economista y publicista francés Jerónimo Adolfo Blanqui (1798-1834), ha sido admitida:

Se entiende así, como revolución industrial; al conjunto de cambios que convierten a un pueblo de actividades principalmente campesinas y con mercados locales, en una sociedad industrial con vinculaciones comerciales en todo el mundo. La evolución se inicia hacia 1750, cuando era la agricultura la principal fuente de riquezas y, en torno a ella se desarrollaban las actividades de la mayoría. En Inglaterra, de cada cinco hombres cuatro eran campesinos, los labriegos obtenían de la tierra lo indispensable para satisfacer sus necesidades fabricándose ropas, muebles y gran parte de los utensilios con la lana, la madera y el cuero que las actividades agropecuarias producían, sus compras en la ciudad se reducían a la adquisición de algunas herramientas; rejas de arado, ciertos utensilios y otros pocos artículos.

Las ciudades, eran de extensión reducida y su actividad manufacturera limitada a cargo de artesanos con taller y herramientas propios. Un sistema más evolucionado de trabajo a domicilio; lo constituía lo que se llama la industria doméstica. Un empresario distribuía la materia prima entre varias personas, que trabajaban en su casa y luego recogía los productos manufacturados pagándoles

el trabajo. La colocación de los productos en el mercado y las compras de las materias primas corrían por cuenta del empresario.

Los artículos de la ciudad se canjeaban por alimentos de los distritos agrícolas, o se exportaban en pago de las mercaderías exóticas importadas del exterior. Los beneficios de estas operaciones eran grandes y como estaban en pocas manos, hubo grupos de comerciantes y compañías mercantiles que se enriquecieron rápidamente.

El cuadro europeo a mediados del siglo XVIII se sintetiza en población escasa y dispersa, con frecuencia víctima del hambre y de las plagas, con un nivel de vida bajo e inalterable; la población total de Inglaterra en 1740, era menor que la que en la actualidad tiene Londres y, por otra parte, en el aspecto puramente económico; la existencia de grandes capitales en efectivo en pocas manos, daba cierta incertidumbre en la sociedad de entonces.

Por otro lado, una nueva fuerza de la civilización crecía rápidamente. A partir del físico, astrónomo y matemático italiano Galileo Galilei (1564-1642), es decir, desde el siglo XVII, y sobre la firme base del método experimental, la ciencia inició su desarrollo intenso e ininterrumpido.

El primer resultado de la investigación científica, fue un creciente y notable progreso tecnológico, pero los conocimientos adquiridos tardaron en ponerse al servicio inmediato de los intereses del hombre. Los inventores aplicaban su ingenio, por lo general, a la creación de máquinas y aparatos cuya aplicación se limitaba a experimentos y demostraciones de laboratorio, sólo cuando la ciencia y el capital se unieron fue posible la evolución decisiva.

Entre los factores que influyeron para que así ocurriera, y el de principal importancia, fue el deseo de mejorar los niveles de vida, pues, se codiciaban los productos importados que no siempre podían conseguirse. Hacia 1690, las telas de algodón de la India habían deslumbrado al mundo elegante. Su ligereza, su brillo y su perfección cautivaban, pero no todos podían adquirirlas.

La atención de los inventores, se dedicó preferentemente a construir máquinas capaces de producir todos esos nuevos y codiciados artículos, máquinas que debieron ser emplazadas en lugares donde pudiera disponerse de

CAPÍTULO 1 RAZONES

fuerza mecánica y, surgieron los grandes talleres y establecimientos fabriles apareciendo también las masas de obreros.

Las fábricas tendían a multiplicarse en aquellas zonas cercanas a la ciudad, donde el combustible y mano de obra eran más baratos. Esta transformación económica no tuvo lugar en todos los países al mismo tiempo, así que unos siguieron a los otros, según un orden establecido por factores económicos y políticos.

Algunos países como China, no experimentaron la evolución industrial hasta el presente siglo; en cambio, había comenzado en Inglaterra en la segunda mitad del siglo XVIII, debido a que tenía instituciones políticas favorables para un rápido desarrollo económico: El comercio interno era libre; su posición geográfica y su clima muy apropiados; tenía gran experiencia en el comercio exterior, estrechas relaciones con América y carbón en abundancia. Este último factor no pesó en las primeras etapas, pues, los grandes inventos mecánicos que habían dado impulso a las industrias textiles trabajaban con fuerza hidráulica.

Por esta razón, pudo Francia alcanzar un desarrollo industrial tan grande antes de la revolución de 1789, ayudada por su comercio exterior, superior entonces al de Inglaterra. Pero cuando una serie de inventos hicieron del carbón la principal fuente de fuerza mecánica; el país galo quedó rezagado. A mediados del siglo XIX, Inglaterra producía siete veces más carbón que Francia y más que todo el resto del mundo.

La sustitución generalizada de la energía humana e hidráulica por máquinas y el establecimiento del sistema de fábrica había nacido. La máquina de vapor inventada y patentada por el ingeniero e inventor escocés James Watt (1736-1819), proporcionó en 1769, la potencia mecánica para el desarrollo de las fabricas, dando así, el estimuló a otras invenciones de aquel tiempo.

La disponibilidad de la máquina de vapor y de máquinas de producción, hizo que fuera práctica la concentración de trabajadores en fábricas lejos de ríos. El gran número de trabajadores congregados en fábricas; creó la necesidad de organizarlos a manera lógica para la elaboración de productos.

En 1776, el economista escocés Adam Smith (1723-1790), publica la obra: La Riqueza de las Naciones, la cual, proporcionó los grandes beneficios económicos de la división del trabajo; conocida también la obra como la especialización de las tareas u operaciones, esta consistía en la división de todo un proceso en pequeñas operaciones especiales, las cuales, se asignaban a cada trabajador para después ser ejecutadas en las líneas de producción y con el único fin de elaborar productos de manera más rápida y eficaz. Así, a finales del siglo XVIII, ya estaba desarrollada no solo la maquinaria necesaria, también la manera óptima de planear y controlar el trabajo de cada operador en planta.

El fenómeno llamado Revolución Industrial, tuvo eco en el continente americano sobresaliendo el país de las barras y las estrellas; los Estados Unidos de América (EUA). En 1798, Eli Whitney (1765-1825), un inventor estadounidense que tuvo por encargo de aquellas fechas la fabricación de armas de fuego para el ejército norteamericano, desplazó el antiguo método de ensamble de piezas con tolerancias ineficientes, por una línea de producción donde las tolerancias y especificaciones eran exactas y estandarizadas, permitiendo con esto, que dos partes ensamblaran a la primera dejando fuera el tedio de conseguir una pieza que ajustase o de modificarla para el ajuste.

En la década de 1800, la revolución industrial avanzó aún más, debido al desarrollo del motor de combustión interna a gasolina y la electricidad, estos acontecimientos dieron origen a nuevas industrias.

Con el comienzo de la guerra civil estadounidense, la demanda de nuevos productos se incremento lo mismo que el establecimiento de fábricas para satisfacer la necesidad de los productos demandados. A mediados del siglo XIX, ya era un hecho el remplazo del antiguo sistema artesanal de producir bienes por el nuevo sistema de fábricas. La primera industria de gran desarrollo e importancia en los Estados Unidos e Inglaterra fue la textil. Hacia 1812, existían casi 200 fábricas textiles en el estado de Nueva Inglaterra.

1.1.2 Albores de un Nuevo Siglo

A principios del siglo XX, en Inglaterra y muchos otros países, pero en Estados Unidos de América (USA), principalmente se da un paso decisivo a una

CAPÍTULO 1 RAZONES

nueva era industrial. El escenario no fue mejor y una vez terminada la guerra civil norteamericana, la expansión para el desarrollo de la capacidad productiva del nuevo siglo esta en puerta. Junto con la abolición de la esclavitud, el éxodo y migración de trabajadores del campo a la ciudad y el flujo masivo de inmigrantes durante el periodo de 1865-1900, aportó la fuerza de trabajo necesaria para el rápido desarrollo de los centros industriales urbanos.

Un cambio económico se dio después de la guerra civil estadounidense, y nuevas formas de concebir el capital se originaron, con esto, bajo las denominadas acciones o índices accionarios, las nuevas empresas comenzaron a expandirse, en consecuencia, se dio la separación entre el capitalista y el trabajador, los gerentes ya no formaron parte formal de la empresa y se convirtieron en trabajadores con un salario fijo quedando como únicos dueños del capital los financieros o dueños de las empresas.

El banquero estadounidense John Pierpont Morgan (1837-1913), el financiero y ejecutivo ferrocarrilero Jason Gould (1836-1892), Cornelius II Vanderbilt (1843-1899), financiero norteamericano y otros; formaron verdaderos imperios industriales. Con la visión de negocios de estos industriales y la extensa acumulación de capital, incluso a través de monopolios; aceleró la enorme capacidad de producción norteamericana (EUA), que habría de ser factor predominante en el crecimiento del entorno económico al llegar el nuevo siglo XX.

Al territorio del oeste llegó la colonización rápida, así como la exploración y provecho de sus abundantes recursos naturales, en consecuencia, los productos dirigidos hacia los nuevos colonos fueron de gran demanda y a la vez de necesidad. A este hecho le precede la construcción de múltiples vías férreas y las industrias encargadas por aquel entonces de tal proeza de ingeniería no esperaron, tal fue el éxito, que la industria ferroviaria ocupó el segundo lugar de importancia en cuanto a grandes industrias de los Estados Unidos de América.

Se multiplicaron las vías de ferrocarril, nuevos territorios consiguieron gran desarrollo y llegando pleno siglo XX, a los Estados Unidos de América (USA), le constituía un sistema de transporte férreo muy económico y a nivel nacional. Con la llegada del siglo (1900), La basta acumulación de capital, los desarrollos

económicos alcanzados, la nueva capacidad de producción, la mano de obra ya establecida en la urbes de aquel entonces, los nuevos y mejores mercados, pero sobre todo la gran red de transporte ferroviario, fueron el factor que desató la explosión, en cuanto a producción se refiere y que tendría otro mayor auge en el siglo siguiente, el siglo XX.

1.2. Frederick Winslow Taylor

En el siglo XX, varios fueron los factores involucrados en los que se inicio de forma analítica y concisa la administración científica, se encuentran entre los de relevancia; el auge económico de los países desarrollados, el entorno social de las masas, la estabilidad del estado o gobierno y principalmente el desarrollo de hombres y las diferentes instituciones relacionadas con la ingeniería proporcionaron las bases para el nacimiento de la administración científica.

La parte faltante era la administración, la cual, siempre estuvo ahí presente hasta que hombres como Taylor la definieron, la organizaron y fundaron las bases para su desarrollo. La capacidad de enriquecer en grande manera los procesos de producción para satisfacer los mercados masivos estaba en puerta.

1.2.1 Frederick Winslow Taylor (1856–1915) y la Administración Científica

La administración científica no es obra de una sola persona, la influencia de verdaderos profesionales; tales como, ingenieros, empresarios, hombres de negocios, asesores en materia de producción, profesores, investigadores e instituciones, fueron decisivas en el avance de los nuevos métodos y ciencia que pronto se conoció como la administración científica.

Frederick Winslow es conocido como el padre de la ingeniería industrial. Estudió de manera científica los problemas de su tiempo en la fábrica y popularizo el concepto de la eficiencia: La obtención del resultado deseado con un mínimo desperdicio de tiempo, esfuerzo y materiales.¹ (Definición de Taylor en su tiempo).

¹ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., pág. 9, México DF, 2003

CAPÍTULO 1 RAZONES

Comenzó su trabajo en 1881, como un analista de tiempos y como socio de la *Midvale Steel Company* (Compañía de Aceros Valle del Centro), en Filadelfia. Aunque Taylor provenía de una familia adinerada, comenzó a trabajar como aprendiz de mecánico, pasó a ser trabajador, después a maquinista, supervisor, mecánico, maestro de mantenimiento y finalmente; ingeniero y jefe, no obstante y al mismo tiempo estudiaba la universidad para posteriormente alcanzar el título en Ingeniero Mecánico.

Fue en este año 1881, donde Taylor ganó el campeonato de dobles en el abierto de Estados Unidos de América (USA), de aquel tiempo. Y Taylor el inventor, tuvo para lograrlo; una raqueta diseñada por él, cuya característica era un mango curvo casi idéntico al de una cuchara.

Pasaron 12 años de intenso trabajo, cuando Taylor elaboró y desarrolló un minucioso sistema basado en las operaciones diarias de cada operario, el cual, tenía como único fin aminorar los costos de la mano de obra. Taylor hizo saber a la administración; la planeación del trabajo diario un día antes para cada uno de los empleados, así, los trabajadores implicados recibían instrucciones detalladas por escrito de cada una de las operaciones en fábrica, los medios, las máquinas y los diferentes dispositivos para lograr la mejor eficiencia. Un aspecto importante de este concepto de Taylor era la implantación de tiempos estándar, los cuales, verdaderos expertos tenían que verificar constantemente.

En cuanto a lo mencionado y referente a la toma de tiempos, Taylor desglosó cada una de las operaciones en pequeñas divisiones conocidas posteriormente como elementos, los expertos usaban cronómetros y median los elementos por separado, después, estos valores se usaban para determinar el tiempo realmente permitido o estándar para cada operación.

Toda la investigación y desarrollo de Taylor se recibió sin mucho entusiasmo, porque empresarios e ingenieros confundieron estos desarrollos como un nuevo sistema a destajo por pieza, y no tanto como una nueva técnica especializada y con enfoque para el análisis del óptimo trabajo en fábrica, pero sobre todo la venida de nuevos métodos.

CAPÍTULO 1 RAZONES

En las plantas de aquel entonces; la gerencia, los empleados y demás involucrados, miraban con desconfianza y escepticismo lo relacionado con el trabajo a destajo, esto, porque en muchas ocasiones los estándares se establecían en base al juicio del supervisor o simplemente se maquillaban para dar protección al desempeño en el trabajo de determinado departamento.

Hacia el año de 1898, Taylor trabajaba ya para la *Bethlehem Steel Company* (Compañía de Aceros Belén), después de un arduo trabajo en la *Midvale Steel* (Aceros Valle del Centro). Aquí es donde Taylor realizó sus primeros experimentos; de los cuales sobresalen el experimento del hierro a primera fusión; una de las demostraciones más comentadas y celebradas de aquel entonces.

El establecimiento del método correcto referente a los incentivos salariales también fue obra de Taylor; pues, para los trabajadores que cargaban a un camión una carga de varios lingotes de 92lb. (41.7kg), de peso por una rampa, lograron el incremento de su productividad al elevar el estimado de 12.5 toneladas por día, a 47 o 48ton. diarias. Al trabajo antes mencionado se adjunto un incremento en el pago diario por cada trabajador de \$1.15 a \$1.85 dólares. Taylor aseguraba y tenía claro y en mente, que con estas acciones el desempeño del trabajador era más alto y las huelgas estarían muy a lo lejos de aparecer, pero sobre todo, los trabajadores estarían más felices en cada una de sus labores.

Taylor realizó otro de sus estudios de carácter innovador en la *Bethlehem Steel* (Aceros Belén), este experimento se basó en las palas, pues, los trabajadores que las usaban para palear en Bethlehem eran dueños de sus propias palas y su uso era variado; sacar minerales pesados o bien carbón diseminado ligero, después de un análisis y estudio detallado y minucioso, Taylor se dio a la labor de diseñar palas que se podían ajustar a diferentes cargas; así, las de mango corto se usaban para los minerales y las de mango largo para el carbón; en consecuencia, la productividad y eficiencia aumentó, el costo referente al manejo de materiales decremó de 8-3, centavos por cada tonelada.

Nuevos desarrollos y descubrimientos llegaron a la innovadora mente de Taylor, de esta manera, el descubrimiento del proceso denominado Taylor-White; que en esencia era un tratamiento térmico del acero para herramientas, obtuvo

gran renombre, esto debido en primera instancia al estudio de los aceros autotemple. Taylor desarrolló el proceso de endurecer una aleación de acero al cromo-tungsteno sin que este quedara quebradizo al final del proceso de producción, esto lo concibió al calentarlo a casi su punto de fusión, el resultado, fue un acero de alta velocidad que elevó al doble la productividad en la máquina de corte. En pleno siglo XXI, el proceso antes mencionado se utiliza en muchas partes del mundo, otra aportación fue la ecuación de Taylor que tiene aplicaciones en el corte de metales.

Para el año de 1900, los Estados Unidos de América (USA), sufrían un periodo inflacionario de carácter serio, la eficiencia no era indispensable para muchas industrias y, también muchas de estas buscaban nuevas fórmulas de acrecentar y mejorar su productividad. Una de las industrias afectadas fue la ferroviaria, que también se vio en la necesidad de incrementar sus tarifas de envíos en forma gradual, esto, para balancear el aumento de los costos implicados.

Louis Brandeis (1836-1941), abogado del gobierno estadounidense y entonces representante de las Asociaciones de Negocios del Este, aseguraba; que la industria ferrocarrilera ferrocarriles no necesitaba el incremento, a su vez, tampoco deseaba introducir en su industria la administración científica de aquel entonces.

Brandeis, llegó a la conclusión, que las compañías ferrocarrileras podían ahorrar hasta 1 millón de dólares diarios con las técnicas desarrolladas por Taylor. Así, Brandeis y la *Eastern Rate Case* (Instancia Reguladora de Costos y Valores de Oriente), introdujeron la administración científica por primera vez y gracias a Taylor.

En el mes de junio de 1903, Taylor presenta su estudio denominado *Shop Management* (Administración de Planta), esto en la reunión de la ASME (*American Society of Mechanical Engineers* – Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), con sede en Saratoga, lo presentado por Taylor, no era, si no los elementos y bases de la administración científica, se menciona lo más importante:

CAPÍTULO 1 RAZONES

1. El estudio de tiempos junto con los implementos para llevarlo a cabo adecuadamente.
2. La supervisión funcional o dividida aprovechando su superioridad con respecto al antiguo método de supervisor o capataz.
3. La estandarización de todos los implementos utilizados en la fabricación por los obreros; así como, los movimientos para cada una de las tareas.
4. La implementación de un departamento de planeación.
5. La excepción en fábrica.
6. El empleo de reglas de cálculo e implementos de apoyo para ahorrar tiempo y esfuerzo.
7. Tarjetas de instrucciones para programar el trabajo.
8. Plan de incentivos y bonos por el buen desempeño.
9. El uso de una tarifa diferencial y de tasas preferenciales.
10. Sistemas nemotécnicos de clasificación de productos; así como, los dispositivos y utensilios requeridos en la manufactura.
11. Nuevos sistemas de rutas y de costos.

Después de lo sucedido y por aquella época, muchos querían conquistar la fama y se dieron a conocer como expertos en eficiencia implantando nuevos sistemas relacionados con la administración científica, pero, la resistencia al cambio por parte de los empleados sumado a la falta de experiencia en cuanto a relaciones humanas los llevó al fracaso, de este modo el trabajo de aquellas personas faltas de preparación quedó reducido a problemas en planta, tales como; tasas muy difíciles de cumplir, mala productividad e insatisfacción por todos los involucrados, por último, solo quedó la discontinuidad del proyecto.

Otro aspecto a resaltar de aquellas empresas que no contaban con los principios y trabajos de Taylor, fue el establecimiento de estándares de producción por parte de los supervisores, que lo hacían sin previa preparación y sin un verdadero desarrollo científico, en consecuencia, la producción no solo

estaba mal planeada, también se desató el abuso hacia los trabajadores al tratar de ahorrar costos reduciendo los salarios.

Como era de esperar, el trabajo fue mas duro y menos la paga para los operadores, y la reacción violenta por parte de estos no se hizo esperar. Lo contraproducente para Taylor, fue que este tipo de incidentes se originaron después de toda una labor científica de años.

Basta mencionar un ejemplo: En *Arsenal Watertown* (Deposito Abastecedor de Agua de Riego), USA, la inconformidad de los trabajadores hacia el estudio de tiempos, obligó a la ICC (*Interstate Commerce Comission* - Comisión Interestatal de Comercio), en 1910, a una minuciosa investigación sobre lo acontecido. Para el año de 1913, el congreso tomó la decisión de introducir una clausula conforme a la ley de partidas presupuestales, la cual estipulaba; que ninguna parte de fondos obtenidos por el gobierno, se pretendiese usar para el pago a personas dedicadas al estudio de tiempos.

Fue hasta el año de 1947, cuando el gobierno vía la cámara de representantes rescindió la prohibición del uso de cronómetros y la aplicación de estudio de tiempos en el trabajo, esto, mucho después de lo acontecido en el *Arsenal Watertown* (Deposito Abastecedor de Agua de Riego).

Profesionalmente Taylor, para mejorar la eficiencia del trabajador propuso los pasos del sistema de taller, que si bien son mencionados anteriormente en su obra: *Shop Management* (Administración de Planta), están explicados profundamente más a detalle y son óptimos para el inicio de una empresa:

1. Determinar la habilidad, fuerza y capacidad de aprendizaje de cada trabajador, de forma que cada uno de ellos pueda ser ubicado en el puesto más idóneo según sus capacidades. Utilizar estudios con cronómetro en cada tarea para establecer con precisión un volumen estándar por trabajador. El volumen esperado de cada operación, se debe utilizar para la planeación y programación del trabajo y para comparar diferentes maneras de ejecutar dichas tareas.
2. Utilizar tarjetas de instrucción, secuencias de ruta y especificaciones de

materiales, para coordinar y organizar el taller de forma que se puedan estandarizar los métodos y el flujo del trabajo, y se puedan cumplir con los estándares de volumen y mano de obra.

4. La supervisión mediante una selección y capacitación cuidadosas. Con frecuencia, Taylor indicaba que la administración era negligente al realizar estas funciones.
5. La administración tiene que aceptar las responsabilidades por la planeación, organización, control y determinación de los métodos, en vez de dejar estas importantes funciones en manos de los trabajadores.
6. Iniciar sistemas de pago de incentivos, para incrementar la eficiencia y liberar a los supervisores de su responsabilidad de muy antaño al presionar a los obreros para que trabajen.

Es difícil comprender el trabajo de este hombre sin haber leído más sobre él, su vida da hechos, en los cuales; todo es excepcional por haber puesto las bases en las que las grandes empresas de hoy se apoyan para producir nuestras necesidades.

Algunos biógrafos y enciclopedistas, a Taylor lo llaman economista y, a su obra y corriente de pensamiento con frecuencia se le da el erróneo concepto de taylorismo, en 1915, Taylor falleció de neumonía a los 59 años de edad dejando un gran legado.

Para muchos de esa época, las técnicas de Taylor no fueron satisfactorias, sin embargo y para otros muchos gerentes de planta, fueron la solución a sus problemas, tanto que para 1917, 113 plantas tenían ya implantada la administración científica, de estas en 59 era todo un éxito, en 20 un éxito parcial y, 34, todo un fracaso.

Un hecho es interesante todavía hoy en nuestros días, pues algunas empresas principalmente las ferroviarias prohíben el uso de cronómetros, también, es de observar; que lo desarrollado por Taylor se aplica en líneas de ensamble contemporáneas y es de gran ayuda en la facturación de los abogados, que se puede calcular en fracciones de hora.

Después de la obra del inventor e ingeniero Frederick Winslow Taylor, los analistas que le siguieron fueron conocidos como expertos en eficiencia, ingenieros de eficiencia y finalmente; como ingenieros industriales, se reconoce por su labor a Taylor como padre de la administración científica y a la postre; Taylor será considerado el padre de la ingeniería industrial.

1.3 Frank Bunker Gilbreth y Lillian Evellyn Moller de Gilbreth

Frank Gilbreth y su esposa Lillian, desarrollaron la técnica moderna del estudio de movimientos, que se puede definir como el estudio de los movimientos del cuerpo humano al realizar una operación y mejorarla mediante la eliminación de movimientos innecesarios, la simplificación de los necesarios y el establecimiento de la secuencia de movimientos más favorable, siempre fue la meta de los Gilbreth para obtener la eficiencia máxima.

1.3.1 El Trabajo de Frank (1868-1924) y Lillian (1878-1972) Gilbreth

Dedicado a la construcción, Frank Gilbreth introdujo sus principios y filosofía en el oficio de colocar ladrillos en donde trabajaba, después de introducir la mejora de los métodos mediante el estudio de movimientos, en base a un andamio ajustable que había inventado y a la capacitación previa del operario, pudo aumentar el número de ladrillos colocados a 350 piezas por trabajador en una hora. Antes de los estudios de Frank Gilbreth, se consideraba que 120 ladrillos por hora era una tasa satisfactoria de desempeño para un colocador especializado.

Otra gran idea de Frank, fue la manera más rápida de colocar ladrillos adaptando a los trabajadores de la construcción, no solo el andamio antes mencionado en aquel entonces, otro avance, fue las cucharadas por ladrillo, siendo que para pegar un ladrillo se necesitaban dos o más cucharadas. Frank ideó la manera para que solo fuese una sola cucharada para pegar un ladrillo.

Los Gilbreth fueron responsables de que la industria reconociera la importancia que tiene un estudio detallado de los movimientos del cuerpo humano para aumentar la productividad y por inercia la producción, reducir la fatiga y

capacitar a los operarios con el mejor método para realizar la operación, desarrollaron la técnica conocida como estudio de micromovimientos; que consiste en la filmación de los movimientos para después estudiarlos con una película en cámara lenta, hay que señalar, que esta aplicación no está restringida a las aplicaciones industriales.

Además, los Gilbreth desarrollaron las técnicas del análisis ciclográfico y cronociclográfico para estudiar las trayectorias de movimiento realizadas por un operario. Con el método ciclográfico, se coloca una pequeña luz en el dedo, mano o parte del cuerpo que se estudia y se fotografía el movimiento mientras el operario realiza su trabajo, con las fotos, se obtiene un registro permanente del patrón de movimiento empleado que se puede analizar para mejorarlo.

El cronociclografo es similar al ciclografo, pero su circuito eléctrico se interrumpe periódicamente, lo que ocasiona que la luz parpadee, así, en lugar de obtener líneas continuas de los patrones de movimiento, la fotografía muestra pequeños aseres de luz espaciados según la velocidad de movimiento de la parte del cuerpo, entonces, con el cronociclografo es posible calcular velocidad, aceleración y desaceleración, incluso, se pueden estudiar los movimientos del cuerpo.

El mundo deportivo ha encontrado que esta técnica de análisis aplicada al video, es invaluable para mostrar el desarrollo de la forma y la habilidad durante el entrenamiento de los atletas, y no solo queda aquí lo antes mencionado por la mente innovadora de este personaje. Frank Bunker Gilbreth junto con su esposa son los padres de lo hoy llamamos: Estudio de movimientos. Pero es sin lugar a dudas, que los Therbligs son la más importante aportación, ya que mediante este término, son conocidos los elementos o conceptos principales en los que se basa el estudio de los movimientos y su economía.

Frank Giiibreth, para lograr la eficiencia máxima incluso en su vida personal, cuentan su primogénito y su hija: Su padre se rasuraba con dos rastrillos al mismo tiempo, y usaba distintas señales de comunicación para reunir a todos sus hijos, que eran doce. De ahí tal vez, el título de su libro; *Cheaper by the Dozen* (Mas barato por docena), después de la muerte temprana de Frank; a la edad de

56 años. Lillian, quien había recibido el grado de doctora en psicología y había trabajado a la par con Frank como colaboradora, continuó por su cuenta avanzando en el concepto de simplificación del trabajo, en especial para las personas con discapacidades físicas. Ella murió en 1972, a la edad de 94 años de edad.

1.4 Precursores

Anteriormente se habló de Frederick W. Taylor, padre de la administración científica y que; por consiguiente, será el padre de la ingeniería industrial. Taylor no era un solitario en el camino, también, igual se habló de las técnicas de los esposos Gilbreth, pero cabe destacar que en realidad no solo fueron los anteriores mencionados, los que se dedicaron al desarrollo de la administración científica, hubo algunos antecesores; precursores y contemporáneos que hicieron grandes contribuciones, como a continuación se mencionan.

1.4.1 Precursores de la Administración Científica

En Europa y a mediados del siglo XVIII (1760), el ingeniero civil francés Jean Rodolphe Perronet (1708-1794), hizo estudios de tiempos exhaustivos en la fabricación de clavos del número 6. En lo siguiente, 60 años posteriores; 1820, para ser exacto, Charles W. Babbage (1791-1871), matemático e inventor inglés, realizó estudios de tiempos en la manufactura de clavos del número 11. Babbage publicó la obra: *On the Economy of Machinery and Manufactures* (La economía dentro de la maquinaria y la manufactura).

Carl G. Barth, un asociado de Frederick W. Taylor, desarrolló una regla de cálculo para producción, con la que se determinaban las combinaciones más eficientes de velocidades y alimentaciones en el corte de metales con diferentes durezas considerando la profundidad de corte, el tamaño y la vida de la herramienta, también, fue notorio su trabajo para determinar holguras, investigó el número de libras-pie de trabajo que podía realizar un trabajador en un día, después desarrolló una regla que igualaba la fuerza para empujar o jalar en el

brazo del trabajador con el peso que podía manejar durante cierto porcentaje del día.

Harrington Emerson, aplicó el método científico en el ferrocarril de Santa Fe y escribió el libro: *Twelve Principles of Efficiency* (Los doce principios de la eficiencia), en el que intenta informar a la administración sobre los procedimientos para una operación eficiente. Emerson reorganizó la compañía, integró sus procedimientos de taller, implantó costos estándar y un plan de incentivos y transfirió el trabajo de contabilidad a las máquinas tabuladoras Hollerith. De este esfuerzo surgió un ahorro anual de más de 1.5 millones de dólares y obtuvo el reconocimiento de su enfoque llamado; ingeniería de eficiencia.

En 1917, Henry Laurence Gantt desarrolló gráficas sencillas que miden el desempeño, al igual que muestran la programación, esta herramienta de control de la producción fue adoptada con entusiasmo en la industria de la construcción naval durante la primera guerra mundial. Por primera vez, fue posible comparar el desarrollo real con el plan original y ajustar los programas diarios de acuerdo con la capacidad, las entregas atrasadas y las necesidades de los clientes.

A Gantt, se le reconoce el desarrollo de su propio sistema de pago de salarios; que compensaba a los trabajadores por un desempeño mejor que el estándar, eliminaba las penalizaciones por fallas y ofrecía al jefe un bono por cada empleado cuyo desempeño fuera mejor que el estándar. Gantt hizo hincapié en las relaciones humanas y promovió la administración científica como algo más que un acelerador inhumano del trabajo.

Morris L. Cooke, fue director de obras en Filadelfia (EUA), trató de introducir la administración científica en los gobiernos de las ciudades; en 1940, Cooke y Philip Murray, un presidente del CIO (*Congress of Industrial Organizations* - Congreso de Organizaciones Industriales), publicaron una obra llamada: Organización Labor y Producción; donde especificaban que la meta de los trabajadores debía ser la producción óptima. A esta la definieron como la producción más alta de bienes y servicios posibles en operación y conjunto; es decir, entre los trabajadores y directivos de la empresa, que deben de realizar las

CAPÍTULO 1 RAZONES

labores de una manera equitativa, compartida y congruente con una conservación racional de los recursos tanto materiales como humanos.

Cuando se retiró Taylor, Dwight V. Merrick inició su estudio de tiempos unitarios; obra que fue publicada en el *Maquinista Americano* (Periódico de aquel entonces), dirigido editorialmente por L.P. Alford. Merrick con ayuda de Carl Barth; ideó una técnica para determinar tolerancias de tiempo sobre una base racional; también, se le debe un reconocimiento por su plan de salarios múltiples a destajo en el que recomendaba tres tasas de pago progresivas. Merrick fué uno de los últimos contemporáneos de la administración científica. Posteriormente vendrían otros que mejorarían las técnicas ya ideadas.

La siguiente tabla (1-1), muestra en resumen a los precursores y contemporáneos de la administración científica:

Precursor	Lapso de Vida	Contribuciones
Jean Rodolphe Perronet	1708-1794	Elaboró estudios de tiempos en la manufactura de clavos del número 6.
Charles W. Babbage	1791-1871	Realizó estudios de tiempos en la manufactura de clavos del número 11.
Frederick Winslow Taylor	1856-1915	Fundó los principios de la administración científica, principio de excepción, estudio de tiempos, análisis de métodos, estándares y planeación y control.
Frank Bunker Gilbreth	1868-1924	Creador del estudio de movimientos, métodos y Therbligs, se dedicó a la contratación en la construcción y consultoría.
Lillian Evellyn Moller de Gilbreth	1878-1972	Realizó estudios de fatiga, factor humano en el trabajo y capacitación hacia los empleados.
Henry Lourence Gantt	1861-1919	Creador de las graficas de Gantt, nuevos sistemas de pago e incentivos, teorías humanísticas dirigidas al trabajo y la capacitación.
Carl G. Barth	1860-1939	Introdujo el análisis matemático en la industria, las reglas de cálculo. Realizó estudios de tasas de alimentación y velocidad y dio consultoría a la industria automotriz.
Harrington Emerson	1885-1931	Principios de eficiencia con ahorros millonarios al día en la industria ferroviaria, métodos de control.
Morris L. Cooke	1872-1960	Introdujo la administración científica en la educación y al gobierno.

Tabla 1-1 Los precursores y sus contribuciones.

1.5 Teoría del Estudio de Movimientos, Tiempos y las dos Guerras

El Estudio de Movimientos, es una técnica que se usa para determinar la mejor forma posible de ejecutar una actividad. Está dirigido hacia el desarrollo de procedimientos y soluciones óptimas para el trabajo, en este estudio se investigan varios aspectos de una actividad, el principal componente es el conjunto de movimientos humanos empleados en dicha actividad. Al analista de movimientos le debe interesar siempre el arreglo del sitio donde se trabaja, el diseño del producto, el diseño de las herramientas, implementos, auxiliares y el proceso del manejo de materiales. En conjunto con el estudio de tiempos y su excelente aplicación en la industria; dan como resultados ahorros y ganancias en grandes proporciones, hoy son la base para el mejor cuidado de los recursos y productividad en fábrica.

El desarrollo del estudio de tiempos y movimientos tiene sus antecedentes antes de la primera guerra mundial. Diferentes organizaciones desde el año de 1911, se esfuerzan por mantener a la industria con lo último en técnicas diseñadas por Taylor y los Gilbreth, estas organizaciones han contribuido al desarrollo científico, con la divulgación de nuevas actualizaciones en cuanto al estudio de tiempos y movimientos. Tanto en la primera como en la segunda guerra mundial, tales desarrollos fueron de gran ayuda para una mejor eficiencia de de las diferentes industrias involucradas en estos conflictos bélicos.

1.5.1 El Estudio de Movimientos

El principal objetivo del estudio de movimientos, es crear e implementar los procedimientos y las condiciones óptimas e idóneas para la realización de las diferentes operaciones en planta; para conseguir este objetivo de tanto valor fundamental se persiguen varios otros objetivos específicos. Es por ello, que el analista del Estudio de Movimientos toma muy en serio los siguientes puntos:

1. Eliminar movimientos innecesarios como sea posible.
2. Combinar las actividades relacionadas.
3. Mejorar la secuencia de las actividades.
4. Aumentar la eficiencia de las actividades.

5. Reducir la fatiga física.
6. Mejorar el arreglo del sitio de trabajo.
7. Mejorar el proceso del manejo de materiales.
8. Hacer que haya mayor seguridad en la actividad.
9. Mejorar el diseño del producto.
10. Mejorar el diseño de herramientas, implementos y otros auxiliares.
11. Estandarizar los procedimientos y condiciones del trabajo óptimos, para que los trabajadores puedan aplicar con uniformidad la mejor forma posible de ejecutar una actividad.²

El éxito de los objetivos del estudio de movimientos no puede ser dejado a un simple razonamiento, corazonada o al conocimiento empírico, para implantar los procedimientos y condiciones óptimas en la estación de trabajo, el analista del estudio de movimientos en todo momento debe analítico en su proceder tomando siempre en cuenta los desarrollos diseñados por Frank y Lillian Gilbreth.

Posteriormente; estas técnicas serán refinadas por otros investigadores notables como Ralph M. Barnes. Estos desarrollos científicos tienen el único objetivo fundamental de realizar la mejor propuesta, eficiencia y mejorar la productividad en fábrica. Las técnicas relacionadas con el estudio de movimientos tienen verdaderas bases científicas y han sido probadas en la industria con notable éxito.

Cuatro son las técnicas más comunes y usadas en el estudio de movimientos, se mencionan a continuación:

1. Los principios del estudio de movimientos.

En cuanto a los principios del estudio de movimientos, se clasifican en tres categorías y solo se mencionarán en la siguiente lista, pues se abordarán a fondo en los capítulos 3 y 4, y son los siguientes:

- A) Principios relacionados al uso del cuerpo humano.
- B) Principios relacionados con el arreglo del sitio del trabajo.
- C) Principios relacionados con el diseño de herramientas y equipo.

² Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 439-440, D. F. México, 2001.

2. El análisis de Therbligs.

Un Therblig o movimiento básico elemental; es decir, un elemento tiene su origen gracias a Frank Gilbreth y su esposa Lillian, quienes para dar a conocer este concepto como una unidad elemental básica, escribieron su apellido al revés (con excepción de las letras T y h, las cuales cambiaron de orden). Así, nació una nueva unidad elemental para clasificar a cada movimiento realizado por un operario; el therblig.

No existe un solo therblig en el estudio de movimientos, Así como existe un alfabeto en determinado idioma y la combinación de varias letras para formar una palabra o palabras, una tabla periódica con los diferentes elementos químicos que la conforman y, que a su vez forman diferentes compuestos con diferentes combinaciones, también existen 17 therbligs o movimientos básicos, que al combinarse describen a detalle infinidad de operaciones o trabajos en una estación de trabajo, esto con solo fin; obtener la mayor eficiencia en planta, es por esto, que son tema de verdadero análisis cada uno de estos movimientos elementales, pues también implican ganancias o pérdidas para la firma.

El procedimiento que utiliza un analista de métodos cuando analiza operaciones que involucran therbligs; tiene en primer lugar, que llevar un registro de cada actividad realizada en cada operación, después, se da a la tarea de dividir estas actividades en los therbligs involucrados y necesarios. La mejor propuesta del trabajo se consigue con la eliminación de los therbligs que en verdad no se necesitan, cambiando la secuencia de unos con otros y así hasta llegar a obtener la máxima eficiencia.

Frank y Lillian Gilbreth fueron los creadores de la lista original de los 17 therbligs o elementos fundamentales, en las últimas 4 décadas han cambiado y otros han hecho sus versiones y respectivas revisiones.

Diecisiete de los Therbligs más comunes y sus abreviaturas, se muestran en la siguiente tabla (1-2), siguiente página:

CAPÍTULO 1 RAZONES

Nombre del Therblig	Abreviatura	Nombre del Therblig	Abreviatura
Buscar	Sh	Inspeccionar	I
Seleccionar	St	Unir	A
Asir	G	Desunir	DA
Transportar de vacío	TE	Usar	U
Transportar con carga	TL	Demora Inevitable	UD
Sostener	H	Demora evitable	AD
Soltar carga	RL	Planear	Pn
Colocar	P	Descansar por Fatiga	R
Precolocar	PP		

Tabla 1-2 Diecisiete de los Therbligs más comunes y su abreviatura.

3. Estudio de micromovimientos.

El estudio de los micromovimientos, es un modo muy detallado para el análisis de los Therbligs, implica el procedimiento que sigue: Se toma una película cinematográfica del empleado cuando está ejecutando su trabajo, se proyectan con proyectores especiales que pueden recorrerse hacia atrás, hacia adelante, detenerse y correr a distintas velocidades. En consecuencia, el analista cuenta con un registro sumamente detallado de las actividades que intervienen en cualquier trabajo. Puede examinar y reexaminar los detalles que podrían haber escapado a su atención, si hubiera tratado de analizar el trabajo visualmente.³

Para registrar el tiempo que toma cada elemento del trabajo se usan dos métodos. Con uno de ellos se usa un microcronómetro. Esencialmente es un reloj que se coloca dentro del radio de alcance de la cámara y que funciona de continuo mientras el operario ejecuta su trabajo.⁴

Para juzgar el tiempo que lleva cada elemento, el analista se refiere a lecturas del reloj cuando el trabajador cambia de un elemento al que sigue. Con el otro método, no se emplea ningún reloj. Como la película cinematográfica se toma a una velocidad constante por la cámara, el número de marcos, de imágenes

³ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 444, D. F. México, 2001.

⁴ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 444, D. F. México, 2001.

sencillas, que se usan para tomar a un elemento en particular, es proporcional al tiempo que se requirió para terminar el elemento. Para juzgar qué tanto tiempo lleva cada elemento con este método, el analista cuenta el número de marcos requeridos para cada elemento y ajusta esto con una escala de tiempo.⁵

Dos variantes del método de micromovimientos son el estudio de memomovimientos y las gráficas cronocíclicas. El estudio de memomovimientos implica tomar una película cinematográfica a baja velocidad, por lo general, de un cuadro por segundo. A continuación se analizan estas películas a velocidades controladas para registrar los tiempos en medidas de tiempo convenientes, por lo común, en centésimas de minuto. El uso de gráficas cronocíclicas, aun cuando se encuentran rara vez en la industria, es una técnica interesante del estudio de movimientos. Se colocan pequeñas luces en las manos del trabajador y se toma una sola foto de sus movimientos con el obturador de la cámara abierto durante el ciclo del trabajo. El resultado es una fotografía un tanto borrosa, pero que muestra con claridad los movimientos de las manos como rayos luminosos. Esta técnica es útil en especial para ver si las manos del trabajador se mueven simétricamente, si se hacen movimientos en curva, continuos, en vez de rápidos movimientos angulares, y si ocurren titubeos o cambios en los movimientos.⁶

Debido a que el estudio de los micromovimientos es una técnica un tanto costosa y por las inconveniencias que causa al trabajador, esta técnica no se usa mucho en la industria. Sin embargo, es un método excelente para algunos tipos de trabajo. Si el trabajo se hace repetitivamente miles de veces al año, y es de tan corta duración en su ciclo de tiempo que la mano del trabajador resulte más rápida que el ojo del analista, se puede aplicar con éxito el estudio de los micromovimientos.⁷

Existen varias ventajas en el uso del estudio de los micromovimientos. Revela detalles de los movimientos muy rápidos que escapan a la visión normal.

⁵ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 444-445, D. F. México, 2001.

⁶ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 445, D. F. México, 2001.

⁷ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 445, D. F. México, 2001.

Proporciona un registro permanente de la forma en que se ejecuta un trabajo. Esto resulta útil en el entrenamiento de nuevos trabajadores y en la preparación de analistas de los estudios de tiempos y movimientos. La película también permite al analista repasarla en un lugar tranquilo retirado del área de fabricación. Por último, puede observar la película una y otra vez para estudiar todos los detalles de la operación.⁸

4. Esta cuarta técnica, implica el desarrollo mas afondo de métodos en los cuales el estudio de movimientos es imprescindible para la industria, algunas de estas aplicaciones de estos métodos, son los diagramas de flujo de proceso, los diagramas de proceso bimanuales entre otros.

1.5.2 El Estudio de Tiempos

El estudio de tiempos es una actividad mediante la cual se determinan estándares de tiempo. Un estándar de tiempo es el tiempo que tomaría a un trabajador promedio ejecutar determinado trabajo. Por lo general, el estándar incluye varias cosas: El tiempo real que el empleado dedica al trabajo, tolerancias para demoras personales, para demoras inevitables y, en ocasiones por fatiga. Existen muchas facetas en el problema de fijar estándares de tiempo justos.⁹

Existen muchas razones por las cuales se usa el estudio de tiempos en las firmas comerciales. Cuando se usa el sistema de incentivos, se necesita establecer alguna base para la tasa de producción. El estudio de tiempos proporciona esta tasa base. Por ejemplo, un sistema de incentivos a destajo, que paga a sus empleados cierta cantidad de dinero por unidad arriba de cierto estándar, requiere algún método para determinar el estándar. Aun cuando el estudio de tiempos y los salarios de incentivo están relacionados, el propósito del analista del estudio de tiempos no es fijar estándares de tiempo rígidos para

⁸ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 445, D. F. México, 2001.

⁹ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 453, D. F. México, 2001.

reducir las percepciones de incentivo. Su propósito es obtener estándares justos que reflejen los tiempos estándar para ejecutar determinados trabajos.¹⁰

Otro de los propósitos del estudio de tiempos es determinar cuántas unidades por hora pueden producir los trabajadores empleando determinados métodos, de manera que pueda fijarse una ruta y programación cronológica efectiva. Para propósitos de la programación cronológica es necesario conocer qué tanto tiempo toma a los trabajadores hacer determinados trabajos. Sin esta información no habría manera de saber el tiempo que debe programarse para ciertos trabajos.¹¹ Para lo anterior, se tienen los siguientes puntos:

1. La tarifa de pago por hora o por unidad producida.

Cuando la industria contempla el pago basándose en el tiempo de producción en lugar de las unidades producidas, es necesario un estudio de tiempos para determinar con toda precisión los costos implicados, una vez hecho esto, se procede a establecer el tiempo estándar mediante el cual, se produce o manufactura el producto terminado.

2. El tiempo requerido para producir una unidad del producto.

El tiempo estándar en la manufactura da como resultado las ganancias y los costos para la compañía, ayudando así, en grande manera; a medir la eficiencia de cada departamento, de los empleados y lo más importante, establece el costo exacto del producto terminado. Cuando el ingeniero, analista o encargado no puede establecer con exactitud el costo de determinado producto, más aun, si se trata de un pedido, en consecuencia se puede perder el contrato si los costos son elevados, o ganar el contrato si los costos son demasiado bajos, esto es contraproducente, pues, si estos costos no están bien calculados la compañía puede sufrir pérdidas elevadas en lugar de ganancias.

Otro de los usos del estudio de tiempo es mejorar la forma en la que se hacen los trabajos. Al hacer el análisis del estudio de tiempos, el analista tiene oportunidad de evaluar los métodos usados al ejecutar los trabajos. Quizá pueda

¹⁰ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 453, D. F. México, 2001.

¹¹ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 453, D. F. México, 2001.

sugerir mejoras. Además, mediante el uso de este estudio de tiempos, el analista puede determinar lo mejor que puede resultar el método mejorado, tomando los tiempos del método anterior y luego tomando los tiempos del método mejorado. La diferencia de tiempo debe reflejar, en un alto grado, los ahorros logrados con el método mejorado.¹²

Durante un verdadero estudio de tiempos, el analista observa a detalle la operación de cada uno de los operarios, pero, es en los más calificados donde pone toda su atención, pues, estos trabajadores abren un panorama amplio de cómo realizar el mejor trabajo, los mejores procedimientos y el grado de destreza y pericia requerido para el trabajo en planta. Esta observación, análisis y aplicación, son muy importantes pues elevan marcadamente la productividad en la fábrica.

La ayuda de un estudio de tiempos bien ejecutado es basta, ya que no solo evalúa el mejor desempeño de la mano de obra, también lo hace en las máquinas implicadas en el proceso; el remplazo de maquinaria usada por nueva, el óptimo arreglo de planta y la ventaja de comprar productos o tomar la decisión definitiva de fabricarlos dentro de la planta misma.

En lo referente al proceso, el estudio de tiempos ayuda a la correcta evaluación del equipo para el manejo de la maquinaria, la implementación de dispositivos, útiles y aditamentos; entre los cuales destacan, los dispositivos de retención, las guías, las canaletas, herramental y demás. Es aquí, donde el analista debe hacer acto de presencia con todo su conocimiento, ingenio y pericia, al implementar las mejoras necesarias y siempre con miras a obtener la máxima ganancia y eficiencia.

Tres son los puntos a considerar y determinar así, el tiempo requerido para que un operador ejecute su trabajo en planta.

1. La experiencia y el criterio para la estimación de tiempos.

La experiencia propia, en el caso de estimar los tiempos requeridos para determinada labor en planta por el operario, es un método muy antiguo que no

¹² Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 453, D. F. México, 2001

tiene bases científicas y, por lo tanto, no es confiable, el solo hecho de preguntar a un supervisor el tiempo para cada operación es muy fácil de estimar, más no es segura, pues, su estimación no es la misma que la de otros supervisores o encargados, esto, incluso en la forma de hacer el trabajo y, aunque de una u otra manera muchos han tratado por diferentes medios de acercarse al tiempo ideal, este tipo de estimaciones generan incertidumbre, pues, el trabajo lo realiza el operador y no se tiene conocimiento bajo que condiciones de trabajo se realiza determinado proceso.

2. El uso de un cronómetro para el estudio de tiempos.

El estudio de tiempos que se realiza con un cronómetro es un método con verdaderas bases científicas, lo cual le da el carácter de confiabilidad. En este tipo de estudios, se observa muy a detalle al operador ejecutando cada una de sus operaciones en la estación de trabajo, que debe de ser promedio, el analista cuando observa toma en ese mismo instante los registros de tiempo para cada elemento implicado en la operación con un cronómetro, y lo cual debe comprender varios ciclos.

Otro de los puntos importantes donde el analista hace énfasis es en la calificación o eficiencia del operario, las demoras personales e inevitables, después y en base a estos datos estima el tiempo normal y el tiempo estándar, y por último; solo queda la implantación del estándar de toda la operación. Durante este procedimiento se realizan cálculos y decisiones de sumo cuidado, de los cuales, se habla de manera más extensa en el último capítulo.

3. El empleo e implementación de tiempos sintéticos.

El uso de un cronómetro para realizar un estudio de tiempos es un tanto laborioso para el analista, más existe otra manera de realizar un estudio de tiempos que no implica el trámite de un estudio con cronómetro, a este método es conocido como el estudio de tiempos sintéticos (MTM), los tiempos sintéticos son un método analítico de bases totalmente científicas.

En primera instancia, un analista toma tiempos de los elementos fundamentales registrando así, el tiempo promedio que llega a tomar determinado elemento para después aplicarlo a diferentes procesos y con distintos operadores.

Por otra parte, el analista llega a establecer los estándares de tiempo usando las tablas MTM, que son registros de tiempos por elemento ya calculados y bajo condiciones óptimas en la estación de trabajo.

El único inconveniente de estos registros y por lo cual no son de confiar, es que se basan bajo condiciones promedio en la estación de trabajo, edades promedio de cada operador, complejidad y desempeño promedio, lo cual, es erróneo en la industria, pues, las características de cada uno de los trabajadores no es la misma en la que se basan las tablas MTM. Dado lo anterior, el método es analítico pero muy poco confiable para las diferentes labores en planta.

1.5.3 Lo Acontecido en las dos Guerras Mundiales

El estudio de movimientos y de tiempos junto con sus bases y desarrollos científicos, hizo acto de presencia en las dos guerras mundiales, esto debido a diferentes organizaciones que se dedicaron a divulgar tales conocimientos bajo ciertos estándares, así, la AMA (*American Management Association* - Asociación Americana para la Administración), surge en 1913, debido a que un grupo selecto de gerentes interesados en la capacitación creó la *National Association of Corporate Schools* (Asociación Nacional de Escuelas Incorporadas), entre sus múltiples actividades estaba la de patrocinar cursos, desarrollos y publicaciones acerca del incremento en la productividad, la medición del trabajo, sistemas de incentivos, la simplificación del trabajo y el establecimiento de estándares para diferentes trabajos u oficios. Pasos que siguió la ASME (*American Society of Mechanical Engineers* - Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

La AMA, se dio a la tarea de otorgar año tras año *The Gantt Memorial Medal* (La Medalla Conmemorativa Gantt), dirigida a la aportación más sobresaliente en la rama de administración industrial y al servicio a la comunidad.

Durante el primer conflicto bélico; es decir, en el año de 1915, se funda la *Taylor Society* (Sociedad Taylor), cuyo objetivo fue promover la ciencia referente a la administración. Un gran salto se da para el año 1917, pues, muchos tomaron especial interés en nuevos métodos de producción, así, organizaron y crearon la *Society of Industrial Engineers* (Sociedad de Ingenieros Industriales).

CAPÍTULO 1 RAZONES

En los Estados Unidos de America (USA), los avances de Taylor y los Gilbreth tienen gran seguimiento durante la Primera Guerra Mundial por la selección y capacitación militar norteamericana. A la par de este suceso, la universidad de Harvard y su escuela de graduados realiza experimentos de psicología industrial en Western Electric; denominándose estos estudios como Estudios Hawthorne. Las contribuciones ya mencionadas fueron importantes en el área de diseño del trabajo de aquel tiempo.

También en Europa durante y después del primer conflicto bélico internacional, pero en el país británico; el consejo británico para la fatiga industrial realizó innumerables estudios referentes al desempeño humano y bajo distintas condiciones de trabajo.

Durante la segunda guerra mundial; en el año de 1936, la SAM (Society for the Advancement of Management - Sociedad para el avance de la Administración), fundada en este mismo año debido a la fusión de la *Society of Industrial Engineers* y la *Taylor Society*. Tuvo como meta y esencia, el desarrollo, divulgación e importancia de los estudios de tiempos, los Métodos y el pago de salarios.

Cabe destacar, que la industria ya desde hace muchos años a usado las filmaciones para la obtención de tasas de producción por medio del estudio de tiempos de la SAM. Cada año, la SAM otorga la llave Taylor a la contribución sobresaliente al avance de las ciencias de la administración y la medalla Gilbreth para el desarrollo más notable en el campo del estudio de movimientos, la habilidad y la fatiga.

En los Estados Unidos de América (EUA), durante y después de la segunda guerra mundial, llega a la complejidad al equipo bélico, lo que, da origen a nuevas formas de planear la producción de aeronaves militares, esto dio paso al desarrollo de nuevos laboratorios de psicología e ingeniería militar, y por consiguiente; un desarrollo elevado en la ingeniería industrial.

El interés en los tiempos y movimientos durante el segundo conflicto bélico internacional se incrementó en grande manera, incluso llegando a la casa blanca, así, Franklin Delano Roosevelt (1882-1945), presidente estadounidense de aquella época, vía el departamento del trabajo, impulsó la obtención y establecimiento de

estándares para el aumento y productividad en la producción, la política del presidente Roosevelt se menciona, a continuación:

Mayor paga para mayor producción, pero sin aumento en los costos unitarios de mano de obra; es decir, esquemas de incentivos que se pactaron entre trabajadores y administradores; y, uso de estudio de tiempos o de registros históricos para establecer estándares de producción.

Así, en 1945, el departamento del trabajo norteamericano emplea el establecimiento de estándares para el incremento de la productividad referente a los suministros de guerra. En 1947, un decreto emitido por el gobierno permite el uso de los estudios de tiempos al departamento de guerra.

1.6 Productividad, Análisis y Medición del Trabajo

La palabra productividad, por si sola procede del latín *productivus*, adjetivo que significa: El que tiene virtud para producir. En si, la palabra productividad es un sustantivo femenino que tiene por definición: Virtud o capacidad de producir con calidad.

La palabra Análisis proviene de griego *Análysis*; que a su vez proviene de, *Analyein*; cuyo significado es: Desatar. En el sentido ambiguo, la palabra análisis se define como la separación de las partes de un todo hasta conocer los principios o elementos del que se forma.

En la vida diaria, pero principalmente en las ciencias exactas y la ingeniería mecánica se utilizan diferentes tipos de medidas; los Newtons para medir fuerza, las psi (lb/in^2), para medir presión, las libras-pie en los pares de torsión, etc. Dentro de la industria se utilizan diferentes medidas, pero; ¿Qué unidades de medida se utilizan para medir el trabajo humano? Esta interrogante, así como la mejor comprensión del significado de la productividad y el análisis dentro de las actividades industriales, se explica en teoría, a continuación.

1.6.1 Productividad

En el ámbito de la industria actual; la *Productividad*, es la cantidad de productos terminados sobre la cantidad de los recursos utilizados. Por lo cual, la productividad durante un periodo se mide de la siguiente manera:

$$P = \frac{PT}{R}$$

En esta ecuación, la productividad se presenta bajo los siguientes factores; es decir, el número de productos terminados sobre la cantidad de recursos utilizados para dichos productos, aquí, el resultado va en función de la cantidad de producción en relación con la cantidad de recursos disponibles y necesarios. La productividad se incrementa, de la manera siguiente:

Esta fórmula, hace notar, que la productividad no incluye lo previsto para el precio de los productos o servicios, ni los costos de los recursos. Sin embargo, denota importantes implicaciones respecto a precios y costos. En ella se observa; que cuando el costo de un recurso aumenta, si han de conservarse intactas las utilidades, debe existir una combinación que de cómo resultado una mayor producción, con una menor cantidad de recursos utilizados o, en su caso, un incremento en el precio del producto terminado.

Una muestra es lo siguiente: Si aumenta la tasa de mano de obra, por consecuencia, debe haber una mayor producción por hora, de lo contrario se debe incrementar el precio del producto si es que se desea; no disminuyan las ganancias en cuanto a utilidades.

1. La productividad incrementa, si la producción aumenta manteniendo o disminuyendo el nivel de los recursos.
2. La productividad aumenta, si se reducen los recursos y se mantiene o incrementa la producción.
3. Se incrementa la productividad, si se incrementan los recursos y al mismo tiempo se incrementa la producción.
4. Se incrementa la productividad, si la producción decrementa y al mismo tiempo la cantidad de recursos se reduce.

1.6.2 Medición y Factores de la Productividad

La productividad en la industria se mide, así, la productividad de un recurso, es la cantidad de productos terminados en un determinado periodo dividido entre el monto o costo de los recursos utilizados. La productividad debe

medirse; mediciones, como la anterior y las siguientes, se emplean para determinar la productividad en un lapso o periodo, se mencionan, a continuación:

1. La Productividad del Capital: Es igual al volumen de productos terminados en determinado periodo dividido entre el valor monetario de los activos, es decir:

$$PC = \frac{PT}{VA}$$

2. La productividad de los Materiales: Es igual al volumen de productos terminados en un periodo determinado dividido entre valor monetario utilizado en materiales, es decir:

$$PM = \frac{PT}{VM}$$

3. La productividad de la mano de obra directa (MOD): Es igual al volumen de productos terminados en un periodo dividido entre el total de horas de mano de obra directa (HMOD), es decir:

$$PMOD = \frac{PT}{HMOD}$$

4. La productividad de los gastos generales: Es igual al volumen de productos terminados en un periodo dividido entre el valor monetario y utilizado en gastos generales, es decir:

$$PGG = \frac{PT}{VGG}$$

Estas ecuaciones no son del todo precisas. La productividad de los materiales incluye el precio, lo que hace a la ecuación no del todo confiable, pero, al parecer, es la única manera de efectuar la medición de los variados materiales que se utilizan en una planta dedicada a la manufactura.

Las ecuaciones antes mencionadas y relacionadas con la productividad conllevan ciertos inconvenientes, pero a la vez, son el punto de partida para el

buen control de la productividad, por tanto, los encargados o gerentes las deben tomar muy a conciencia cuando se trata, de su detallado análisis.

En antaño, la medición de la productividad recaía en el peso de las horas de mano de obra directa (HMOD), más los tiempos han cambiado y el alcance de la productividad también, hecho trascendente que hace virar a los gerentes a nuevas perspectivas y variados factores para la correcta medición de la productividad en fábrica.

La productividad no debe de enfrascarse en un solo sentido, recurso o factor, así, la productividad se incrementa incrementarse simplemente reemplazando un recurso por otro diferente, se menciona lo siguiente:

Una marca de automóviles adquiría los componentes de una bomba de agua para después ensamblarlos y obtener una bomba terminada para cada auto, si el fabricante decide comprar las bombas de agua ya terminadas, en consecuencia, se reduce también la cantidad de trabajadores internos en planta.

Es aquí, donde los diferentes factores relacionados con la productividad hacen acto de presencia y dado ya este cambio se tiene lo siguiente; el volumen de producción no se altera y se mantiene constante, pero, uno de los recursos ha cambiado y el resultado es un incremento en a productividad de la mano de obra; porque el numero de empleados disminuye en el ensamble del auto.

En lo referente al índice de productividad de capital, se eleva porque las maquinaria para ensamblar las bombas se puede vender, al igual, que el equipo implicado. El índice de productividad de materiales disminuye, esto porque la compra de bombas nuevas cuesta más que producirlas.

Lo descrito anteriormente es de mucha importancia, pues, un estudio detallado de los múltiples factores ya mencionados es la forma idónea de mantener un sistema de producción eficiente. The Bureau of Labor Statistics (<http://stats.bls.gov>), publica constantemente estadísticas sobre los diferentes factores que afectan la productividad.

1.6.3 La Mano de Obra y la Productividad

Uno de los temas de la productividad, que toda empresa no debe de pasar por alto si se quiere ser competitivo y exitoso en la industria es: ¿Como mejorar la

productividad? y otra pregunta surge de inmediato; ¿Que hace más productivos a los empleados? En la actualidad, no existe una ecuación determinada que pueda predecir con exactitud lo relacionado con las relaciones laborales, el comportamiento humano y la productividad, no obstante, se sabe lo suficiente para comprender como los empleados pueden llegar a ser muy productivos.

Tres son los factores que afectan la productividad de la mano de obra, los cuales son:

1. La operación y desempeño del puesto de cada uno de los empleados.
2. Las nuevas tendencias referentes a la tecnología, las máquinas, las herramientas y otros nuevos dispositivos.
3. El diseño de métodos y sistemas de trabajo, que son el soporte de una buena calidad en el producto terminado.

Fuera de las líneas de ensamble o las de producción; se encuentran los ingenieros industriales, de proceso, de producto y de sistemas, estos profesionistas buscan en todo momento la innovación empezando por la automatización e implantación de máquinas y herramienta más eficiente, esto encaminado al incremento de la productividad de mano de obra. Se resume que los adelantos tecnológicos son indispensables para la mejora de la productividad de los trabajadores y si de verdad se desea incrementar la productividad, una manera de hacerlo es eliminando los defectos del producto terminado, los desperdicios, el retrabajo y las mermas, para lo cual, las máquinas son indispensables.

El desempeño del puesto del empleado es un tema complejo, ya que todas las personas son diferentes. La habilidad, personalidad, intereses, ambiciones, niveles de energía, educación, capacitación y experiencia varía mucho. Es importante para los analistas y gerentes de cualquier clase considerar estas diferencias porque los procedimientos genéricos o universales para mejorar el desempeño en el puesto, quizás no sean efectivos para todos los empleados. Los departamentos de personal reconocen estas diferencias e intentan seleccionar

aquellos empleados que tienen la capacidad deseada para desarrollar programas y mejorar sus habilidades.¹³

La motivación es quizás la variable más compleja en la ecuación de la productividad. La motivación es lo que impulsa a una persona a actuar de cierta manera. Maslow identificó cinco niveles de necesidades que impulsan a las personas a actuar:¹⁴

1. Las necesidades fisiológicas o médicas.
2. Necesidades de seguridad personal.
3. Necesidades sociales o de aceptación.
4. Necesidades de autoestima o psicológicas.
5. Necesidades de autorrealización personal.

Estas necesidades se organizan en una jerarquía; las fisiológicas en el nivel más bajo y las de autorrealización en el más alto. Solamente las necesidades no satisfechas son motivadoras; es decir, hacen que las personas actúen, y conforme cada nivel inferior de necesidades queda relativamente satisfecho, emergen como motivadoras las necesidades de nivel superior. Hoy las necesidades de nivel inferior de los empleados (fisiológicas y de seguridad) están en gran parte atendidas en los paquetes económicos del trabajo. Las necesidades de nivel más elevado (Sociales, de autoestima y autorrealización) pueden ofrecer una mayor promesa para los gerentes en su intento de motivar a los empleados.¹⁵

El gerente a cargo, debe de examinar y comprender las necesidades de sus empleados, es vital pues, con esto ayuda a identificar el entorno de trabajo ideal para alentar la productividad. Si se pretende determinar qué clase de necesidades son importantes para cada empleado, se puede aplicar la siguiente estructura:

Si los empleados visualizan la productividad como un medio para satisfacer sus necesidades, es probable que de como resultado una elevada

¹³ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., Pág. 589, México DF, 2003

¹⁴ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., Pág. 589, México DF, 2003

¹⁵ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., Pág. 589, México DF, 2003

productividad. Una vez satisfechas sus necesidades a través de remuneraciones condicionadas a la productividad, lo más probable es que el fenómeno se repita.¹⁶

Los sindicatos laborales y los grupos de trabajo pueden influir en los empleados para que sean productivos o no lo sean. Si los empleados creen que sus grupos de trabajo pudieran considerarlos indeseables debido a que han sido productivos, quizás no cooperen con la gerencia con este ciclo de productividad, remuneración y productividad. Los gerentes de operaciones deben reconocer la influencia que tienen los grupos de trabajo en la productividad de la mano de obra y desarrollar grupos de trabajo cooperativos y seleccionar con cuidado a los empleados que los conformarán y guiando con cuidado sobre normas de grupos a través de una cooperación y comunicación efectiva.¹⁷

La organización o industria, deben de preocuparse por la satisfacción de los empleados, entonces, ¿Qué gana la organización? la respuesta es obvia; hay una mejora en la productividad. Cuando los trabajadores se encuentran satisfechos; no faltan al trabajo, no intentarán abandonar el puesto en busca de otro, en consecuencia; producen productos de elevada calidad.

En la actualidad, muchos son los problemas a los que se enfrenta la industria; el ausentismo, la deficiente rotación de personal, la baja calidad de los productos etc. con estas razones los gerentes o administradores tienen que tomar cartas en el asunto y diseñar una amplia gama de ideas para conseguir la satisfacción de cada uno de los trabajadores.

1.6.4 La Productividad en las Últimas dos Décadas del Siglo XX

La sustitución de mano de obra por equipo en la manufactura ha estado ocurriendo desde hace muchas décadas. Sin embargo en los 90 ocurrió un movimiento dramático hacia la automatización y los servicios. Este cambio hacia la automatización en muchas industrias esta modificando dramáticamente la combinación de sus costos. Para algunas de ellas, los trabajadores de producción, o mano de obra de contacto, representan una parte muy pequeña de sus costos

¹⁶ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., Pág. 590, México DF, 2003

¹⁷ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., Pág. 590, México DF, 2003

totales, que la calidad del producto, inventarios, ingeniería, materiales, embarques, trabajadores del conocimiento y otros costos generales ofrecen mayores expectativas en la reducción de costos y de incrementar la productividad. Durante varios años, los fabricantes estadounidenses han aumentado la productividad principalmente cerrando plantas viejas y despidiendo a trabajadores; pero algunas empresas se enfocan demasiado en la inversión de capital como una forma de reducir la mano de obra e ignoran los enormes beneficios que se pueden obtener de una mejor calidad, de inventarios reducidos y de la introducción más rápida de productos nuevos.¹⁸

Para la mayoría de los negocios estadounidenses, la imagen respecto a la productividad es más brillante. Avanzados sistemas de cómputo, como CAD/CAM, manufactura integrada por computadora (CIM), y todo tipo de sistemas automatizados, diseños innovadores y adelantos en la calidad del producto, están cambiando profundamente la naturaleza de las operaciones, tanto en la manufactura como en los servicios. El resultado son menos empleados de línea, gerentes intermedios y trabajadores asalariados y, al mismo tiempo, las organizaciones se hacen más pequeñas, más flexibles, más austeras y más productivas.¹⁹

1.6.5 Análisis

En la industria, esta palabra es de suma importancia tanto para un analista de tiempos, y un analista de operaciones o de métodos, hay que tener presente este significado pero aterrizado a lo que le interesa a la organización. A continuación, se vera como los analistas usan este concepto.

Es común, que la administración o gerencia de una empresa sortee problemas y sienta que le son únicos, y parece que cualquier método nuevo será poco práctico. Una verdad existe; absolutamente todos los trabajos u operaciones ya sean burocráticos, de mantenimiento, de oficina, en la maquinaria, de ensamble y de mano de obra directa, sean estos productivos e improductivos; consisten en

¹⁸ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., Pág. 584, México DF, 2003

¹⁹ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., Pág. 584-585, México DF, 2003

una combinación de 17 elementos básicos ya diseñados y definidos por los esposos Gilbreth; los therbligs.

Así, los therbligs implicados para poder conducir un automóvil, se asemejan mucho a los requeridos para la operación de una máquina herramienta, aquellos therbligs utilizados para dar una mano de *bridge* (Hacer señales con la mano soportando un objeto), son los mismos que se utilizan para determinadas inspecciones o la simple carga de las maquinas en una planta.

Lo anterior es de importancia, pues, se da por hecho que las operaciones o procesos son equivalentes, si es así, la mejora y evolución de los diferentes métodos de trabajo y en los diferentes departamentos de una fábrica es factible.

Las mejoras no llegan solas en planta, una planeación es un buen comienzo aunado a los principios y procedimientos sistemáticos, son la manera óptima para las mejores propuestas o cambios, en tal caso, la recaudación de información relevante y precisa relacionada con el volumen de unidades terminadas esperadas, los tiempos y el esfuerzo del operario en cada operación, son el paso más importante para obtener la mejor propuesta o el cambio total del método actual.

Lo anterior es minuciosamente evaluado por los encargados, más aún, se debe concentrar el analista en la ganancia y buen negocio a futuro, este es el punto más importante. Otros puntos de trascendencia son; el tiempo de utilidad de las nuevas operaciones, los posibles cambios en el diseño principal y todo lo acontecido en el entorno laboral. Por tales motivos, se plantea un estudio y análisis real del trabajo, se justifican los medios para llevarlo acabo y por último, se le da al estudio el carácter de detallado, preciso, consistente y veraz.

Ya estimados y reunidos los puntos anteriores, se da paso a la información referente a la manufactura; a esta le compete todas y cada una de las operaciones realizadas por el operador y las máquinas, la distribución de las instalaciones donde se realiza el trabajo, los tiempos respectivos, los transportes, su respectivo equipo y las distancias a recorrer, las inspecciones, sus tiempos y sus respectivas áreas, las ventas, sus operaciones, precios y ganancias, los dibujos de diseño sin olvidar tolerancias y especificaciones, así como la calidad del producto terminado.

No hay que olvidar a la información reunida, pues, tiene afecciones en la calidad y costos del producto; por tanto, se debe presentar en forma adecuada para su estudio y análisis, para esto se utilizan los métodos; ya sean los diagramas de pareto, de flujo de proceso, de flujo de la operación entre muchos otros.

Al ingeniero o analista, le debe de interesar en todo momento cada uno de los diagramas en función de las operaciones en planta, así como todo lo relacionado y mencionado que atañe a la manufactura, pero sobre todo y más importante, se debe formular innumerables preguntas en cada uno de sus procederes; la primera es la palabra ¿Por qué?, se mencionan puntos de importancia, a continuación:

1. ¿La operación es obligatoriamente necesaria, si es así, por que? (Enfoque dirigido al método).
2. ¿Por qué determinada operación se realiza de esta forma, se puede cambiar? (Enfoque dirigido a la operación).
3. ¿Por qué en el diseño existen estas especificaciones? (Enfoque dirigido al diseño).
4. ¿este material especificado es el idóneo y apto, se puede cambiar, por que? (Enfoque dirigido a la materia prima).
5. ¿El operario es el indicado para esta operación? ¿Por qué? (Enfoque dirigido a la mano de obra).

La pregunta ¿Por qué? es invaluable, no solo los ingenieros y los analistas deben aprender a usarla, deben de ser todos los profesionistas, en general, la deben tener en mente y en cada momento de su trabajo, el concepto es simple; ayuda a modificar y consolidar la manera en que se hace el trabajo.

De la pregunta ¿Por qué? emergen de inmediato nuevas preguntas, son las siguientes: ¿Cómo?, ¿Quién?, ¿Cuándo? ¿Donde? entre otras, se mencionan algunas:

6. ¿Como mejorar el método, si es obsoleto y de poca remuneración? (Enfoque dirigido al método).

7. ¿Quién es el operario apto e idóneo para este proceso? (Enfoque dirigido a la mano de obra).
8. ¿Dónde y bajo que criterios se podrá realizar esta operación al menor costo y con la mayor calidad? (Enfoque dirigido a planta, maquinaria y equipo).
9. ¿Cuándo, en que lugar y a que distancias la operación es factible para elevar la eficiencia en el transporte de materiales? (Enfoque dirigido al método y materiales).

Al obtener respuestas a estas preguntas, los analistas se dan cuenta de otras preguntas que pueden conducir a mejoras. Las ideas parecen generar más ideas y, es común que los analistas experimentados desarrollen varias posibilidades de mejora. Para esto deben mantener su mente abierta, de manera que los fracasos anteriores no desanimen para probar nuevas ideas.²⁰

Los anteriores puntos son factores imprescindibles; sin embargo, y aunque están aplicados a los puntos principales del análisis de una operación, es común, que algunas de las anteriores preguntas se olviden; por lo cual, se dan a continuación los nueve puntos o factores principales que han de considerarse en cada operación analizada; dispuestos por orden de importancia, son los siguientes:

1. Propósito de la operación.
2. Investigación completa de cuantas operaciones se hacen en la pieza.
3. Requisitos de Inspección.
4. Materiales.
5. Manipulación de los materiales.
6. Instalación y equipo de herramientas.
7. Posibilidades comunes para mejorar la operación.
8. Condiciones de trabajo.
9. Método.

²⁰ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 73, D. F. México, 2006.

Cuando se usan los nueve enfoques primarios del análisis al estudiar cada operación, la atención se centra en las partes que tienen más oportunidad de producir mejoras. Sin embargo, no todos estos enfoques se aplican a cada actividad en un diagrama de flujo, pero, en general, debe considerarse más de uno. El método de análisis recomendado es tomar cada paso del método actual y analizarlo, tomando en cuenta todos los puntos clave, con un enfoque claro y objetivo en las mejoras. Se sigue este mismo procedimiento en las subsecuentes operaciones, inspecciones, movimientos, almacenamientos, etc. Una vez analizado cada elemento, se estudia el producto completo y se consideran de nuevo todos los puntos de análisis en busca de todas las posibilidades de mejora. Lo normal es que en todas las plantas surja un número ilimitado de oportunidades para mejorar los métodos. Con el fin de lograr los ahorros máximos, deben estudiarse con cuidado las operaciones individuales y colectivas como se describió. Siempre que los ingenieros competentes y analistas del ramo sigan este procedimiento, se obtendrán resultados benéficos.²¹

Ahora se pasa a planta y a casos más reales donde los enfoques ya mencionados deben aplicarse, pero en objetivos más concisos.

Los términos análisis de operaciones, diseño y simplificación del trabajo, ingeniería de métodos y reingeniería corporativa, se usan con frecuencia como sinónimos. En muchos casos, se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo o disminuir el costo por unidad de producción, dicho en otras palabras, mejoramiento de la productividad. Sin embargo, según se define la ingeniería de métodos implica el análisis en dos momentos diferentes de la historia de un producto²², por lo que:

1. Un ingeniero de métodos tiene la absoluta responsabilidad del diseño, desarrollo y validación de las estaciones de trabajo donde se tiene que fabricar el producto.

²¹ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 73, D. F. México, 2006.

²² Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 5-6, D. F. México, 2006.

2. Es responsabilidad del ingeniero, el verificar de manera continua y constante los centros y estaciones de trabajo, con el objetivo, de diseñar la manera óptima de fabricar los productos terminados a la mayor calidad posible.

Una de las actividades de los ingenieros de métodos es el usar un procedimiento de tipo sistemático para desarrollar un verdadero centro de trabajo y fabricar un producto, Este procedimiento se presenta mediante una continuidad y sus pasos son necesarios en un centro de trabajo que se encuentra en operación, es decir:

1. Seleccionar el proyecto: Por lo común; los proyectos seleccionados representan ya sea nuevos productos o productos existentes que tienen un alto costo de manufactura y poca ganancia. También, los productos que experimentan dificultades para mantener su calidad y que tienen problemas de competitividad son proyectos lógicos para la ingeniería de métodos.
2. Obtener y presentar los datos: Se reúnen todos los hechos importantes relacionados con el producto o servicio. Estos incluyen dibujos y especificaciones, requerimientos de cantidad y de entrega, y proyecciones de la vida prevista del producto o servicio. Una vez obtenida toda la información importante, se registra en forma ordenada para su estudio y análisis. En este punto, es muy útil el desarrollo de diagramas de proceso.
3. Analizar los datos: Se usan los enfoques básicos del análisis de operaciones, para decidir qué alternativa dará como resultado el mejor producto o servicio. Estos enfoques básicos incluyen propósito de la operación, diseño de la parte, tolerancias y especificaciones, materiales, proceso de manufactura, preparación, herramientas, condiciones de trabajo, manejo de materiales, distribución de planta y diseño del trabajo.
4. Desarrollar el método ideal: Se selecciona el mejor procedimiento para cada operación, inspección o transporte tomando en cuenta las restricciones asociadas con cada alternativa, se incluyen las implicaciones de productividad, ergonomía y seguridad e higiene.

5. Presentar y establecer el método: Debe explicarse con detalle el propósito del método a los responsables de su operación y mantenimiento. Se consideran todos los detalles del centro de trabajo para asegurar que el método propuesto proporcione los resultados previstos.
6. Desarrollar el análisis del trabajo: Se realiza el análisis del método establecido para asegurar que los operarios se seleccionaron bien, se capacitaron y se les remunera como corresponde.
7. Establecer tiempos estándar: Se establece un estándar justo para el método implantado.
8. Dar seguimiento al método: De manera periódica, se audita el método instalado para determinar si la productividad y la calidad previstas son las obtenidas, si la proyección de los costos fue correcta y si pueden hacerse nuevas mejoras.²³

Todo lo anterior mencionado da cabida a que el ingeniero industrial, de métodos o de operaciones, tenga en su mano un análisis minucioso y de tipo sistemático en cuanto a todas las operaciones; ya sean estas directas o indirectas, el resultado esperado es la mejora en todas las labores de planta; es decir, se hacen más rentables las estaciones de trabajo, existe mayor seguridad y salud para el trabajador y se aminora el tiempo por unidad de trabajo, así como los costos por unidad terminada. Con esto quedan concluidos los puntos clave del análisis.

1.6.6 Medición del Trabajo

En el campo de las operaciones de una empresa, también, se necesita una unidad de trabajo que a su vez se pueda medir y sea fácil en su comprensión; la unidad de medida que da resultado es minutos de trabajo por unidad de salida, esto es, medir los minutos promedio que le toma normalmente a un trabajador bien capacitado producir un componente, subensamble, ensamble o producto. Así, la medición del trabajo surge y, en todo momento se refiere a estimar la cantidad de tiempo en que el trabajador genere una unidad de resultado. En un 95%, la

²³ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 6-7, D. F. México, 2006.

meta final de la medición del trabajo, es establecer estándares de mano de obra que se utilizan para la planeación y control de las operaciones, consiguiendo así una elevada productividad.

1.6.7 Los Estándares de Mano de Obra

Se denomina y se le conoce como un estándar de mano de obra, a la cantidad de tiempo que un operador promedio y calificado requiere para dar por terminado un therblig o elemento, subensamble o ensamble, operación, proceso y lo más importante; un producto o unidad totalmente terminada, esto en condiciones optimas promedio e idóneas de la estación de trabajo.

A las condiciones optimas promedio o normales en las que se realiza una operación, hacen referencia y mención principalmente a la destreza de los trabajadores que también debe ser promedio, por igual la velocidad en cada operación, las condiciones de las máquinas involucradas en el proceso, el transito de materiales, la información requerida para la operación, las condiciones del entorno laboral así como los aspectos físicos y psicológicos del trabajador y demás, son aspectos relevantes un buen estándar y desempeño de los trabajadores.

Una vez obtenidos los estándares de mano de obra, se prosigue a utilizarlos en la planeación y control de cada una de las operaciones incluidas en el proceso. Si el estándar da por hecho cierta cantidad de tiempo requerido por trabajador para una unidad terminada, lo siguiente, es calcular el número operarios necesarios para el área o departamento de producción o manufactura.

Los estándares de mano de obra directa, se utilizan para dar por hecho si el departamento de producción está por encima o por debajo de los niveles de producción estándar esperados. También, dichos estándares se emplean y tienen la tarea de calcular el costo de mano de contable, es decir, calcular los costos reales respecto a si existe una variación en el pago al operador y, también respecto al lanzamiento de nuevos productos al mercado.

Una vez concebido el objetivo de los estándares, y a su vez determinado las mejores formas de hacer un trabajo se presenta un problema, particularmente en los sistemas de producción intermitente y que concierne a la cantidad de

tiempo que toma hacer un trabajo determinado, esta información es necesaria para establecer sistemas eficaces de incentivos, sueldos y salarios, y con esto, poder hacer un programa de producción efectivo determinando los requerimientos de potencial humano, aun cuando es posible determinar cuánto tiempo toma hacer un trabajo dado preguntando a los trabajadores y a los supervisores, o consultando los registros de la producción pasada, es conveniente utilizar técnicas más complejas.

Para ello, se dispone de dos técnicas generales que ayudan al gerente de producción o el analista de operaciones, y así, pueda ayudarse con el problema que concierne en todo a la medición del trabajo: Una de estas técnicas es el estudio de tiempos con cronómetro, el otro implica un estudio de tiempos sintéticos o método de datos estándar.

Ambas técnicas empiezan por determinar el tiempo promedio para un trabajo dado que se deriva de tiempos registrados reales, entonces, deben concederse tolerancias para la eficiencia del trabajador y para demoras inevitables.

En el caso de la determinación de las tolerancias para las demoras inevitables puede utilizarse la técnica de la proporción de demoras, en si, la medición del trabajo es extensa y se estudia mas a fondo tomando como enfoque el estudio de tiempos y movimientos.

CAPÍTULO

2

LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

- 2.1 Apertura a las Técnicas del Análisis**
- 2.2 Temas de Relevancia y Análisis**
- 2.3 Selección de Alternativas, Ingeniería Económica y el Método TR**
- 2.4 Selección de Alternativas Mediante el Método de Valor Presente (VP)**
- 2.5 Aceptación y Resistencia al Cambio**
- 2.6 Registro de una Alternativa**

2.1. Apertura a las Técnicas del Análisis

A continuación, se explica cómo opera el análisis dentro de la industria manufacturera, así como la relación existente con los métodos, la medición del trabajo y la selección de alternativas; es decir, se enfocan los párrafos siguientes; al uso del análisis en la industria junto con la medición cuantificada en ganancias o posibles pérdidas. Este tema, es tan importante como cualquiera de los mencionados en esta tesis, y no se desarrolla sin una previa investigación para pasar después a un análisis numérico más detallado.

En cuanto a la medición del trabajo, se muestra como un conjunto de métodos, los cuales hay que analizar de forma correcta y concisa, las técnicas del análisis enfocadas a la medición del trabajo son variadas pero llevan a un mismo fin; siempre mejorar lo ya establecido.

En lo siguiente se aborda el tema, y muy en general, de como operan los conceptos antes mencionados dentro de la producción de bienes o artículos.

2.1.1 Aspectos Generales del Análisis en la Producción

Después de la definición dada sobre el análisis en el capítulo 1, una de las definiciones a resaltar, es la del pionero en la teoría de los sistemas: Russell Ackoff; que da su propia versión sobre un sistema y lo define, de la siguiente forma:

*Un sistema es un todo que puede subdividirse sin perder sus características esenciales y; por lo tanto, debe estudiarse como un todo.*¹

Queda explícito con lo anterior; que en vez de explicar un todo en función de sus partes, las partes son y deben ser explicadas en función del todo. Definiciones como la anterior, y que nacen del campo de la teoría de los sistemas son muy útiles para comprender la producción como todo un sistema.

En general, un sistema de producción es complejo y se empieza por identificar los insumos que recibe; estos insumos se presentan en forma de materiales, personal, capital, servicios e información, los cuales, son

¹ N, Gaither, G. Fraizer, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S.A. de C.V. 8ª Ed., Pág. 15, México DF, 2003

transformados a través de un sistema de conversión que actúa sobre los productos en su fabricación o manufactura y que se conocen después como bienes o productos terminados.

Estos productos terminados, deben estar bajo observación de un subsistema de control llamado, por lo común; aseguramiento de calidad, esto para determinar si es aceptable en términos de cantidad, costo, calidad y si el resultado es el idóneo; no se debe haber cambios en el sistema si el resultado no es aceptable, si este es el caso; solo se necesita de una acción administrativa de tipo correctivo.

Aseguramiento de control de calidad, vigila el desempeño del sistema al brindar retroalimentación de forma que los gerentes o directores puedan tomar acciones correctivas. Los insumos para su mejor comprensión, se clasifican dentro de tres clases generales llamadas recursos, los cuales, se explican a continuación:

Recursos externos y sus insumos.

1. Insumos externos: Son de carácter informativo y tienden a proporcionar a los gerentes conocimientos relativos a las condiciones imperantes fuera del sistema de producción.
2. Insumos legales o políticos: Tienen que ver ante todo, con las restricciones dentro de las cuales opera el sistema de producción.
3. Insumos sociales y económicos: Estos permiten a los gerentes encargados detectar tendencias que afectan al sistema de producción.
4. Insumos tecnológicos: Se encuentran en publicaciones especializadas, reportes gubernamentales, boletines comerciales, proveedores y otros. Esta información mantiene a los gerentes al tanto de los adelantos relevantes en tecnología que afectan a la maquinaria, las herramientas y al proceso de producción.

Recursos de mercado y sus correspondientes insumos.

1. Insumos de mercado: Son también de carácter informativo, igual que los insumos externos, la información que estos proporcionan siempre esta en función de la competencia, el diseño del producto hacia los clientes y otros aspectos del mercado, su presencia es indispensable, si es que el sistema

de producción ha de responder a las necesidades del mercado demandante.

Recursos primarios y sus insumos.

1. Los insumos que tienen que ver de manera directa con la producción y la entrega de bienes se conocen como recursos primarios; es decir. Son los materiales y suministros, el personal, el capital, los bienes de capital y los servicios (materia prima, agua, gas, petróleo, carbón, la mano de obra, los activos de la firma, electricidad etc.).

Los productos directos de los sistemas de producción, por lo general, se presentan en dos formas; tangibles e intangibles, de los cuales solo se abordaran los primeros, ya que los intangibles corresponden al área de los servicios.

Todos los días y alrededor del mundo, se producen gran variedad y volumen de bienes o productos tangibles, se mencionan los siguientes: Automóviles, papel, artículos de plástico, teléfonos, limpiador bucal, calculadoras, impresoras, ropa, tractores, pasteles, computadoras, detergentes, materiales para la construcción, químicos de diversa variedad, jabón de tocador, etc.

De manera interesante y concreta, a menudo, si no es que siempre, se pasa por alto a los resultados indirectos de los sistemas de producción. Los impuestos, el desperdicio, la contaminación, los adelantos tecnológicos, los sueldos y salarios, y las actividades que afectan a la comunidad son ejemplos de resultados indirectos.

A pesar de que no reciben la misma atención los anteriores resultados indirectos en comparación con los productos terminados; es decir, los bienes generadores de ingresos y que perpetúan a los sistemas, estos resultados son causa tanto de preocupación como a la vez de satisfacción y orgullo.

Una concientización profunda, de que estos factores son resultados de los sistemas de producción; hace que los gerentes y/o directores de diversas compañías lleven a cabo sus tareas de una manera más efectiva y eficaz.

Todas las organizaciones tienen por lo menos un sistema de producción; existe una gran variedad de sistemas y muchos ejemplos de estos, la manera como se presenta un sistema de producción como parte de la organización difiere

de manera considerable de una firma a otra, la parte importante de todo lo anterior descrito, es la manera en que se conforma al sistema dentro de la industria de bienes y como se puede implantar en un futuro el sistema óptimo.

Al hacer un análisis de cada una de las partes mencionadas es de gran ayuda, para que la persona encargada tome la correcta decisión.

2.1.2 Aspectos Generales del Análisis en la Medición del Trabajo

En el entorno industrial, el termino Medición del Trabajo es un invaluable componente que requiere de personal especializado en el área productiva; sin embargo, la medición del trabajo no actúa sola o por azares, hay un equipo de investigación, el cual evalúa datos y tendencias que sugieren la acción rápida y efectiva de los especialistas en medición del trabajo. Así, el departamento de Ingeniería Industrial es el responsable y encargado de traducir las ideas desarrolladas por la investigación; que por lo regular recibe de departamentos como el de mercadotecnia, abastecimiento y ventas.

El punto central, es la búsqueda de la forma más eficiente de producir artículos o productos y de acuerdo con ciertas restricciones del insumo; tales como, la naturaleza de la planta, materiales, maquinaria, potencial humano e instalaciones. El encargado de la producción (director, gerente, jefe de departamento, supervisor), necesita información sobre los tipos siguientes, que debe ser proporcionada por el departamento de Ingeniería Industrial, la cual, se enuncia a continuación:

1. Información sobre análisis de métodos: A esta le corresponde no solo llegar al departamento de ingeniería industrial, también, busca la forma más eficiente de producir determinados artículos empleando los principios del estudio de tiempos y movimientos, análisis de therbligs, estudio de micromovimientos y gráficas de proceso.

La anterior información es usada según sea el caso, por el encargado de producción para determinar la forma de producir productos, y el cuál, debe ser la secuencia de las actividades siguientes: ¿Cuáles máquinas deben emplearse?, ¿Cuáles materiales o métodos son los óptimos?. Estas y otras preguntas se contestan mediante el uso del análisis de métodos.

2. Información sobre medición del trabajo: La información antes mencionada, la deben de emitir los ingenieros industriales proporcionando, de esta manera fundamentos al encargado de la producción, sobre cuánto tiempo toma a un trabajador promedio producir un artículo o producto dado, usando el esfuerzo medio, bajo condiciones de trabajo promedio.

Como la toma de tiempos es un factor primordial en un sistema de producción, el responsable de producción debe conocer los requisitos de tiempo para determinadas órdenes y, programar adecuadamente la producción tendiendo siempre en mente lograr un sistema de producción con funcionamiento uniforme.

También, se emplean estándares de tiempo por parte del encargado de producción, que corresponden de manera directa al buen funcionamiento de sistemas efectivos y que arrojan como resultado incentivos salariales idóneos.

3. Disposición de planta e información sobre manejo de materiales: Una producción eficiente descansa, en parte, en el diseño del sistema de producción o sistema productivo; el encargado de la planta puede utilizar con provecho la información del departamento de Ingeniería Industrial en las áreas de arreglo o disposición de la planta y, todo lo correspondiente al manejo de materiales.

Los departamentos de Ingeniería Industrial, por lo general, como ya se mencionó, cuentan con personal especializado en el desarrollo de arreglos efectivos que minimizan los costos de producción y también, tienen a su cargo, el desarrollo de sistemas para el manejo de materiales de manera eficaz y con enfoque a la reducción de costos.

4. Información sobre el mantenimiento de planta: Los ingenieros industriales, deben ayudar al encargado de producción diseñando sistemas de mantenimiento que den como resultado operaciones uniformes y relativamente libres de dificultades; esto es de relevante importancia, a medida, que más compañías se mueven hacia los sistemas automatizados de producción.

En los modernos sistemas automatizados, una interrupción, en cualquier punto del sistema detiene todo el proceso de producción, si existe aunque sea la

más mínima interrupción, es en extremo costoso para la firma y resulta siempre en desorganización productiva. Por lo tanto, la información derivada de la ingeniería industrial impide que existan pérdidas, baja productividad, y tiene por objetivo primordial minimizar el riesgo de que aparezca el desorden, lo cual, es muy importante para el gerente de producción y su desempeño.

De todo lo anterior explicado, ahora se da paso a las diferentes técnicas del análisis, con las cuales, se puede entender mejor cual es el proceso a seguir, y de forma muy particular, como se puede mejorar lo ya propuesto; así, se explica todo lo que conlleva la aplicación de las diferentes técnicas que utiliza el análisis pero enfocadas al método y su mejora continua.

2.2 Temas de Relevancia y análisis

Toda ejecución de actividades bien organizadas y con perspectivas claras a futuro, requieren de palabras claves e indispensables como lo son: La planeación, los objetivos, la investigación, el modelo y su respectiva implantación. Todos estos aspectos necesitan de una adecuada orientación en cuanto a su proceso, pues tienen puntos críticos en cuanto a su análisis, a continuación, se muestran cada uno de ellos.

2.2.1 Planeación

La planeación implica un extracto, el cual, va enfocado a un fin definido. La decisión es un enfoque básico de la planeación, esto sugiere lo siguiente; quién es el encargado de asumir la responsabilidad de la actividad y quién va a planearla, lo anterior, en una compañía se explica de manera simple, como se menciona a continuación.

El administrador que por lo regular es el encargado de decidir; debe asumir la responsabilidad de la planeación, por las razones siguientes:

1. La planeación es trabajo y como tal, no es algo que tienda a iniciarse voluntariamente por aquéllos que la deben hacer.²

² Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., Pág. 201, D. F. México, 2001.

2. La planeación está dirigida hacia la obtención de objetivos y éstos deben ser establecidos desde el nivel superior, descendiendo hasta el nivel más bajo.³
3. La planeación, es un proceso mediante el cual; se determina hacia dónde se dirige, con qué medios, siguiendo qué pasos y en cuánto tiempo. Las actividades de planeación, incluyen necesariamente una cantidad considerable de detalles y ciertos pasos que deben darse en cada fase del proceso de planeación.⁴

El proceso de la planeación comienza con una minuciosa investigación de los hechos tanto pasados como presentes y una estimación a futuro, tanto de factores internos como externos de la empresa para que con base en toda esta información, se conozcan los antecedentes y los diferentes elementos que deben considerarse antes de determinar objetivos.

El desarrollo de la investigación, el estudio, la investigación en si y el análisis de un fenómeno o hecho, siempre ha tenido como finalidad esclarecer las causas que lo originan, para lo cual, es necesario seguir ciertos métodos y técnicas de investigación.

El esclarecimiento de los factores que componen el objeto de estudio señalado, se logra a través de diferentes técnicas de análisis, tales como:

1. La investigación documental: Esta se basa en recolectar y hacer un primer examen de la información existente sea esta escrita o gráfica, y que se debe enfocar al objeto definido para el estudio.

Toda técnica de investigación documental se divide, en los siguientes tópicos:

- a) Las fuentes: Que tienen su origen en archivos generales y privados ya sea de tiempo presente o del pasado.

³ Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., Pág. 201, D. F. México, 2001.

⁴ Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., Pág. 201, D. F. México, 2001.

- b) Los medios: Los cuales, son aquellos documentos que tienen información como formas, reportes, informes, entre otros.

En cuanto a los medios, esta técnica tiene las siguientes etapas.

- Recolección de información.
- Análisis de la investigación.
- Clasificación de la información.⁵

2. La observación de hechos, experimentos y registros: Esta técnica nace debido a un hecho ordinario y empírico, esencial en toda investigación, por ello, se menciona con justa razón; que toda técnica empieza por la observación y termina con la observación.

La observación tiene como fin, el completar, confrontar y verificar los estudios que se hayan realizado conforme a la investigación documental.

3. La encuesta: Por medio de la encuesta, se obtienen datos de lo que afirman otras personas, ésta se realiza a través de un cuestionario o de una entrevista.

- a) El cuestionario: Es una forma de reunir datos. Su contenido tiene como propósito descubrir hechos u opiniones, reunir datos objetivos y cuantitativos. Por tanto, el cuestionario está compuesto por preguntas que tienden a aclarar el objetivo previamente señalado.⁶

- b) La entrevista: Es una conversación que se sostiene con un propósito definido. Es el instrumento que permite descubrir aquellos aspectos ocultos que forman parte de todo trabajo administrativo, ayudando a verificar inferencias y observaciones, valiéndose de la viva narración de las personas.⁷

⁵ Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., Pág. 203, D. F. México, 2001.

⁶ Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., Pág. 203, D. F. México, 2001.

⁷ Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., Pág. 203, D. F. México, 2001.

2.2.2 Objetivos

Los objetivos, son sinónimo implícito que da origen a una idea hacia la cual, se dirigen las acciones, en este caso las de la empresa.

También, se identifican con los nombres de: Propósitos, misiones, metas, etc. Una definición clara para el ámbito empresarial, es la siguiente:

Es todo lo que dirige la atención, las acciones y esfuerzos de una compañía hacia una meta específica y un resultado a futuro concretos.

El fijar objetivos es vital en la vida y desarrollo de cualquier organismo social o empresarial. De los objetivos depende su éxito, porque los objetivos son la razón de su existencia, dada la importancia, no es conveniente fijarlos a la ligera y sin analizar profundamente las posibles consecuencias; tanto positivas como negativas que producen efectos en la vida de la empresa.

Los objetivos son la culminación del esfuerzo colectivo, y por consiguiente, deben ser producto de un amplio análisis, ya que implican una gran responsabilidad para quien los establece. Algunas de las definiciones operativas de un objetivo, se dan a continuación:

- A un objetivo cuantificado; se le denomina una meta.
- A un objetivo establecido en función del tiempo; se le da el nombre de programa.
- A un objetivo cuantificado en recursos financieros; se le da el correcto nombre de presupuesto.

La determinación de objetivos adecuados, es un aspecto muy importante en la formulación a un problema dado.

Un aspecto importante y necesario, es identificar a las personas de la administración, que de hecho, toman las decisiones concernientes al sistema en estudio, y después escudriñar cuidadosamente el pensamiento de estos individuos respecto a los objetivos pertinentes. Se debe incluir al encargado o gerente que da la última palabra, pues, esta palabra es sumamente indispensable.

Los objetivos bien planificados, por lo general, se encargan del bienestar y buen camino de toda la organización, no sólo de algunos componentes o departamentos.

Un estudio detallado y concierne a objetivos busca soluciones óptimas globales y no soluciones parciales, aunque sean en su momento lo mejor para cada uno de los componentes, entonces, idealmente, los objetivos formulados deben coincidir con los de toda la organización; sin embargo, esto no siempre es conveniente, ya que muchos problemas interesan nada más a una parte de la organización, por lo cual, el análisis en cuestión tiende a ser demasiado extenso si los objetivos son muy generales, esto, si es que en verdad se presta atención especial a todos los efectos secundarios del resto de la organización.

Para no caer en lo anterior, los objetivos deben ser tan específicos como sea posible, siempre y cuando contemplen las metas principales del que toma las decisiones y mantengan un nivel razonable de consistencia, con los objetivos de niveles más altos.

Cuando se trata de organizaciones lucrativas como una firma, un enfoque posible para no caer en el problema de soluciones parciales; es utilizar la máxima ganancia de la organización considerando el valor del dinero en el tiempo como un objetivo único.

Si el objetivo es a largo plazo; indica que este objetivo proporciona la flexibilidad para considerar actividades que no son del todo una ganancia, como los proyectos de investigación y desarrollo, pero que con el paso del tiempo tienen que hacerlo para que los mencionados objetivos valgan la pena.

Este enfoque tiene muchas ventajas, pues, el objetivo es suficientemente específico para usarlo en forma adecuada y al mismo tiempo es bastante amplio para tomar en cuenta la meta básica de las organizaciones lucrativas; de hecho, algunas personas piensan que cualquier otro objetivo legítimo se puede traducir en éste, sin embargo, en la práctica, muchas organizaciones industriales no usan este enfoque.

Algunos estudios de corporaciones de otros países, principalmente desarrollados, han encontrado que la administración tiende a adoptar la meta de

ganancias satisfactorias combinada con otros objetivos, en lugar de enfocarse en el valor de la ganancia a mediano o largo plazo, algunos de estos otros objetivos pueden ser: Conservar la estabilidad en las ganancias, aumentar o conservar la participación del mercado con que se cuenta, permitir la diversificación de productos, mantener precios estables, mejorar las condiciones y el ánimo de los trabajadores, mantener el control familiar sobre el negocio e incrementar el prestigio de la compañía.

Al cumplir con estos objetivos, tal vez, se logre la mejor ganancia a mediano o largo plazo, pero la relación puede ser una expectativa, que quizá, sea mejor no incorporarla en estos objetivos.

En un organismo social o de tipo empresarial, los objetivos son múltiples en niveles jerárquicos en cuanto a tiempo, para ello, se da su clasificación:

1. **Objetivos generales:** Son aquellos que por su amplitud, importancia y trascendencia, deben colocarse en primer lugar, se refieren a la empresa como una sola unidad.
2. **Objetivos de funciones:** Se refiere a los objetivos orientados hacia aspectos específicos dentro de la empresa, por ejemplo ventas, producción, compras, etcétera.
3. **Objetivos por departamentos:** Son aquéllos que se refieren a un departamento, sección etc.; es decir, a una parte de una función.
4. **Objetivos mediatos e inmediatos:** Los primeros se relacionan por una cosa por un intermediario, por ejemplo, elaborar productos deseados por los compradores. Los segundos son los que no tienen un intermediario, por ejemplo conservar el bienestar de los empleados.
5. **Objetivos a corto, mediano y largo plazo:** Son aquellos que se establecen en función del tiempo, en que se pretenden alcanzarlos.
6. **Objetivos individuales:** Son aquéllos que se refieren principalmente a las satisfacciones de su trabajo, económicas, psicológicas y sociales. Una

persona no necesita formar parte del equipo físicamente, pero es esencial que esté identificado con la actividad del grupo.⁸

En la práctica y vida real, toda una red de objetivos se presenta en la operación de cualquier organismo social o empresarial, lo importante debe ser ordenarlos y reeditarlos a los fines que marquen la base de resultados esperados por los directivos de la propia empresa.

Para el éxito de toda empresa la fijación del objetivo es fundamental, por lo cual, son indispensables las siguientes líneas para su determinación, que se dan a conocer:

1. Deben ser posibles de obtener y ser factibles en su realización.
2. Deben incluir la forma concreta en que contribuyen al progreso de la empresa.
3. El objetivo es solución, la función es solamente acción; por lo cual, no deben confundirse ambos conceptos.
4. Para la fácil presentación se necesita incorporar la acción básica; el para qué y explicarlo.
5. El para qué o simplemente la palabra para, se coloca como liga entre la acción y su finalidad, cuando se requiere narrativamente explicar, o bien, se presenta el para qué implícito.⁹

2.2.3 La Investigación y el Modelo

Las variadas técnicas de recolección de datos como la entrevista, el cuestionario, la observación y más, pero sobre todo, las que son de carácter cuantitativo, constituyen la parte esencial que da a conocer el carácter fundamental del tema llamado; análisis, más no significa que en los estudios prácticos de los analistas estén basados en las técnicas antes mencionadas, de hecho, con frecuencia, el análisis sólo representa una pequeña parte del trabajo que se requiere.

⁸ Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., Pág. 204-205, D. F. México, 2001.

⁹ Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., Pág. 205, D. F. México, 2001.

El propósito de un equipo de analistas es solo una manera de resumir las etapas usuales, más no secuenciales. En un estudio real por parte de los analistas de mucho se tienen que apoyar en otras técnicas, como las de la investigación y cuyos pasos esenciales, se enumeran en lo siguiente:

1. Definición del problema de interés y recolección de los datos relevantes.
2. Formulación de un modelo matemático que represente el problema.
3. Desarrollo de un procedimiento basado en computadora derivar una solución al problema a partir del modelo.
4. Prueba del modelo y mejoramiento según sea necesario.
5. Preparación del modelo prescrito por la administración.
6. Puesta en marcha.¹⁰

La mayor parte de las problemáticas que enfrentan los analistas se les describen, al principio, de una manera muy imprecisa y confundible.

La primera actividad a realizar, es estudiar el sistema de manera relevante y desarrollar un resumen bien definido del problema que se va a analizar, esto incluye determinar los objetivos apropiados o ya estimados, entre los que se encuentran; las correcciones sobre lo que se puede hacer, las interrelaciones del área bajo estudio con otras áreas de la organización, los diferentes cursos de acción posibles, los límites de tiempo para tomar la correcta decisión, son los principales.

Este proceso de definición del problema es crucial, ya que afecta en forma significativa la relevancia de las conclusiones del estudio y el análisis, es difícil extraer la respuesta correcta a partir de un problema equivocado.

Lo primero que hay que reconocer, es que un equipo de analistas puede trabajar en un principio a un nivel de asesoría, la gerencia, por lo regular, siempre es un tomador de decisiones clave, el equipo entonces realiza un análisis técnico detallado y después presenta las acciones y recomendaciones a los administradores. Con frecuencia, el informe a la gerencia identifica cierto número de opciones que son de tomar en cuenta, en particular, con diferentes

¹⁰ Hillier, Frederick S., Lieberman, Gerald J., Investigación de Operaciones, Mc Graw Hill/Interamericana Editores S. A. de C. V., 7ª Ed., Pág. 7, D. F. México, 2001.

suposiciones o para diferentes valores de algún parámetro que marca una política, la cual puede ser evaluada sólo por la gerencia.

El gerente evalúa el estudio y sus recomendaciones, toma en cuenta una variedad de factores intangibles y toma una decisión final con base en su mejor juicio, entonces, es vital que el equipo de analistas pueda observar al mismo nivel que la gerencia, incluyendo la identificación del problema correcto desde el punto de vista gerencial, y que, a su vez, la gerencia le brinde apoyo sobre cualquier curso que tome el estudio.

Por otro lado, existen otras consideraciones que incluyen responsabilidades sociales muy distintas al motivo de una ganancia dentro de un país, los 5 puntos a continuación enumeran las partes afectadas en una empresa de negocios, y son las siguientes:

1. Los dueños, socios, accionistas e involucrados: Que desean ante todo obtener ganancias, dividendos, valuación positiva de las acciones y otros más valores.
2. Los empleados: Que quieren un empleo seguro y con un salario razonable.
3. Los clientes: Que quieren un producto confiable a un precio justo.
4. Los proveedores: Que desean integridad y un precio de venta razonable para sus bienes.
5. La nación y gobierno: Que requiere el pago de impuestos justos y que se tome en cuenta el interés nacional.¹¹

Estas cinco consideraciones hacen contribuciones esenciales a la empresa, y esta no debe servir a ninguna de estas partes para explotar a las otras, de la misma manera, las firmas transnacionales adquieren las obligaciones adicionales de cumplir con una práctica social responsable, entonces, aunque se acepte que la realidad de obtener ganancias es la responsabilidad primordial de la gerencia, hecho por el cual, es indispensable el análisis y donde la propia ganancia es, en última instancia la que beneficia a las cinco partes, debe entonces también reconocerse a estas responsabilidades sociales como más extensas.

¹¹ Hillier, Frederick S., Lieberman, Gerald J., Investigación de Operaciones, Mc Graw Hill/Interamericana Editores S. A. de C. V., 7ª Ed., Pág. 9, D. F. México, 2001.

Es común, que el equipo de analistas e involucrados pasen mucho tiempo en la recolección de datos claros relevantes sobre el problema, esto porque se necesitan muchos datos tanto para lograr un entendimiento exacto del propio problema a analizar, como para proporcionar el insumo adecuado para el modelo que se quiera llevar a fase de desarrollo.

En este caso, los analistas evalúan como mejorar un método basándose en datos encontrados; y, lo siguiente, es presentar una solución prototipo que puede ser óptima.

En la siguiente etapa del estudio y con frecuencia, no se dispone de muchos de los datos necesarios al inicio del estudio, ya sea porque nunca se guardó la información o porque lo que se guardó está obsoleto y en forma equivocada.

Así, muchas veces se debe instalar un nuevo sistema de información para reunir los datos sobre la marcha en la forma adecuada. Toma un tiempo considerable al equipo de analistas recabar y recolectar con la ayuda de individuos clave de la organización todos los datos vitales; aún, con este esfuerzo, muchos datos pueden ser no válidos; es decir, estimaciones burdas basadas sólo en juicios personales. A menudo, el equipo de análisis pasa una gran cantidad de tiempo intentando mejorar la precisión de los datos y al final, en la mayoría de los casos, tiene que trabajar con lo mejor que pudo obtener.

Una vez definido el problema y haber recolectado la suficiente información, la siguiente etapa consiste en reformularla de manera conveniente para su análisis.

La forma convencional en que la investigación realiza esto, es construir un modelo que represente la esencia del problema, antes de analizar cómo formular los modelos, se explora su naturaleza general.

Los modelos, son representaciones idealizadas que forman parte integral de la vida cotidiana.

Entre los ejemplos más comunes pueden citarse tales como: Aeromodelos, retratos, globos terráqueos y otros. Una hoja MTM (*Methods Time Measurement* – Métodos para Medición de Tiempos), es un ejemplo claro de un

modelo, de igual manera, los modelos tienen un papel importante en la ciencia y los negocios, como lo hacen los modelos del átomo y de estructuras genéticas, las ecuaciones que se refieren a leyes físicas del movimiento y las reacciones químicas, las gráficas, los organigramas y los sistemas contables en la industria.

Estos modelos son invaluable, pues extraen la esencia del estudio, muestran las interrelaciones y facilitan el análisis. Todos los modelos son realmente representaciones idealizadas, pero están expresadas en términos de símbolos y expresiones, un modelo de un problema dentro de la industria puede ser un sistema con expresiones matemáticas relacionadas que describen la esencia del problema, una hoja de tiempos y sus diferentes cálculos; así como un estudio de movimientos, son ejemplos en donde deben tomarse decisiones cuantificables para que se pueda determinar mediante los valores; la medida de desempeño adecuada, un ejemplo es una ganancia o el abaratar costos que puede necesitar una firma.

Las representaciones anteriores son de importancia, pues, estas dan origen a modelos imprescindibles y de gran ayuda, ya que justamente son en estos casos donde los modelos se convierten en métodos, tales como: La hoja de tiempos, las tablas MTM, los diferentes Therbligs, así como variadas fórmulas y gráficas.

Los anteriores mencionados, son ejemplos claros de modelos que ayudan a encontrar el óptimo método para sectores de la industria, de lo anterior, los modelos enfrentan y resuelven problemas reales, también se expresan en términos con todas las limitaciones que se puedan imponer por medio de variables que pueda contener el modelo, tales expresiones de limitaciones se expresan de una manera comprensible y con frecuencia reciben el nombre de tolerancias, en algunos casos, estas tolerancias son parámetros indispensables en el modelo en cuanto a su realización.

El modelo, puede expresarse como el problema en cuanto a elegir valores determinados, de manera que se llegue al objetivo de la forma más rápida posible. Un modelo debe ser flexible y sujeto a restricciones obtenidas cuando se planteó el problema de manera correcta y con un análisis minucioso.

Un modelo de este tipo y algunas variaciones menores sobre el, tipifican los modelos analizados en la investigación, la cual, se enfoca en determinar los valores adecuados que deben asignarse a los parámetros del problema en curso.

Es crítico y a la vez un reto para los adentrados en el proceso la construcción del modelo, sea cual fuese, si la comparación es con respecto a otros problemas de menor importancia en donde se proporcionan números para determinar los valores de los parámetros, dados los problemas reales.

Para el modelo que requiere la recolección de datos, en la actualidad, esta recolección de datos exactos es un trabajo de tiempo muy arduo, por lo general, el valor recolectado es un parámetro que muchas veces es, por necesidad, sólo una estimación, esto debido a la incertidumbre sobre el valor real del parámetro, es importante analizar la forma en que cambia el curso de la acción cuando el parámetro cambia por otros valores posibles.

Este proceso se conoce por muchos como: Análisis de sensibilidad o crítico, pues, al poner en marcha el modelo puede haber variaciones que cambien el curso del objetivo, en dado caso, este no se puede conseguir.

Cuando se habla del modelo en un problema dentro de la industria, se llega a que los problemas reales; por lo general, no tienen un solo modelo correcto.

Lo anterior, conduce a una serie de modelos que proporcionan representaciones cada vez mejores del problema real, razón que da paso, al desarrollo de dos o más tipos de modelos diferentes para analizar el mismo problema.

Una clase de modelos en especial y de entre muchos otros, pero sobre todo los que interesan, son los modelos que dan la combinación de métodos de control, que logran los estándares de calidad en la industria.

Los modelos tienen muchas ventajas sobre una descripción verbal del problema, una ventaja es que el modelo de cualquier índole; y bien realizado, describe un problema en forma mucho más concisa, esto tiende a hacer más comprensible toda la estructura del problema y ayuda a revelar las relaciones

importantes de causa y efecto; además, indica con más claridad qué datos adicionales son importantes para el análisis.

También facilita el manejo del problema en su totalidad y al mismo tiempo el estudio de sus interrelaciones; por último, hablando de ciencias exactas como la ingeniería, un modelo es la forma más concisa del análisis, y lo más relevante, forma un puente para el empleo de técnicas y sobre todo del empleo informático y de computo para analizar el problema.

Absolutamente, existe una amplia disponibilidad de software para resolver muchos tipos de modelos, pero también los hay para representar al modelo ya en forma de programa informático que pueda resolver el problema real en cualquier tipo de computadora, esto es de gran importancia, pues reduce el tiempo de acción frente al problema.

En la contraparte existen obstáculos que deben evitarse al usar modelos, el modelo es una idealización abstracta del problema, por lo que, casi siempre se requieren aproximaciones y suposiciones de simplificación, si se desea que el modelo sea flexible; así, debe tenerse cuidado de que el modelo sea siempre una representación válida del problema.

El criterio adecuado para juzgar la validez de un modelo, es el hecho de si predice o no con suficiente exactitud los efectos relativos de los diferentes cursos de acción esperados, y así poder llegar lo mas rápido posible al correcto sentido del problema planteado. En consecuencia, no es necesario incluir detalles sin importancia o factores que tienen aproximadamente el mismo efecto sobre todas las opciones.

Una característica interesante del modelo, es que no es necesario que la magnitud de efectividad sea aproximadamente correcta para las diferentes alternativas siempre en sus valores relativos; es decir, que las diferencias entre sus valores sean lo bastante precisas.

Después de lo dicho en anteriores líneas, todo lo que se requiere, es que exista una clara correlación en lo que predice el modelo y lo que ocurre en la vida real; por consecuencia, se dará paso al método.

2.2.4 Análisis Previo al Examen

Los parámetros del método, en ciertas ocasiones presentan políticas de decisión, una de estas políticas puede ser una asignación de recursos, en dado caso, debe existir una flexibilidad sobre los valores dados a los parámetros; algunos de estos se pueden aumentar y otros se pueden disminuir.

El análisis del examen incluye la investigación de estos cambios, junto con esta etapa de estudio o análisis, se presenta el examen o prueba del método.

El verdadero análisis incluye la obtención de un conjunto de factores de relevancia para el método, y, que comprende una serie de eventos y decisiones cada vez mejores al curso de acción; así, las deficiencias de la etapa inicial del método se usan para sugerir mejoras al mismo, y en general, a sus datos de entrada y procedimiento.

Se obtienen entonces y sucesivamente nuevas sugerencias para el problema de análisis y el ciclo se repite, este proceso sigue hasta que las mejoras sucesivas sean la perspectiva futura buscada para justificar su continuación; dado este paso y con seguridad, se presentan a la gerencia el resultado esperado final y aplicable al método, en el que se pueden encontrar mejoras óptimas para una de varias versiones plausibles del método; y, así, hacer la selección final. Que es preferible dejar al juicio de la administración y los respectivos encargados de la planta.

Cuando se completa la primera versión del método, es posible que contenga algunas fallas, este debe probarse de manera exhaustiva para tratar de encontrar y corregir tantos problemas como sea posible, con el tiempo y después de una larga serie de mejoras, el equipo de analistas concluye que el actual método proporciona resultados razonablemente válidos.

Aunque puede encontrarse una falla sin detectar, aun así, se habrán eliminado suficientes problemas importantes como para que sea confiable y pueda ser utilizado.

Este proceso de prueba y mejoramiento de un método para incrementar su validez; se conoce como examen.

Un enfoque más sistemático para el examen, es emplear un análisis de retrospectiva, cuando es aplicable, esta prueba utiliza datos históricos y reconstruye el pasado para determinar si el método resultante ha tenido un buen desempeño; de haberse usado, la comparación de la efectividad de este desempeño hipotético con lo que en realidad ocurrió; indica si su uso tiende a dar mejoras significativas sobre la práctica actual.

La prueba de retrospectiva puede también indicar áreas en las que se requieren modificaciones, incluso, al emplear las alternativas como óptimas al método y estimar sus desempeños históricos hipotéticos, se pueden reunir evidencias en cuanto a lo bien que el método predice los efectos relativos, de los diferentes cursos de acción.

Por otra parte, la prueba retrospectiva tiene la desventaja de que usa los mismos datos que sirvieron para formular el método, entonces, la pregunta crucial es: ¿El pasado en realidad representa el futuro?, si no es así, el método puede tener un desempeño distinto en el futuro del que ha tenido en el pasado, lo cual muchas veces es lo óptimo.

A esta desventaja se le da un provecho, pues, dado el resultado de la prueba de retrospectiva; es probable y útil el continuar con las circunstancias actuales durante una temporada, esto proporciona nuevos datos con los que no se contaba cuando se desarrolló el método, estos datos se deben emplear de la mejor manera descrita posible para la evaluación definitiva. Y esta decisión debe de ser tomada muy en cuenta por el equipo de analistas, quienes son los verdaderos encargados.

Es importante documentar el proceso usado para las pruebas de la validación del método, esto ayuda a aumentar la confianza de los usuarios subsecuentes eliminando incertidumbre y duda; más aún, si en el futuro surgen preocupaciones sobre el método propuesto, esta documentación; ayuda a diagnosticar en dónde pueden encontrarse los problemas y llegar al método ideal.

2.2.5 La implantación y su Análisis

Una vez buscado y desarrollado el sistema óptimo para aplicar el método, la última etapa del estudio es implantarlo, según lo establecido por la

administración, esta etapa es crítica, ya que es en ella, y sólo en ella, en donde se cosecharán los beneficios; así, es importante que el equipo de analistas participe tanto para asegurar que las perspectivas futuras del método se den con exactitud y verdadera traducción a lo esperado, por consecuencia, lo obtenido sea aplicado a un procedimiento operativo.

También, es importante corregir detalles o defectos en la acción del método y otras cuestiones que pudiesen surgir en el momento.

El éxito de la puesta en práctica; depende en gran parte del apoyo que proporcionen tanto la administración como las gerencias operativas según sea el caso. Es mayor la posibilidad que el equipo de analistas obtenga este apoyo si ha mantenido a la administración bien informada y, ha seguido la guía de la gerencia durante el estudio del método.

La buena comunicación, ayuda a asegurar que el método logre lo que pretende y por lo tanto merezca llevarse a la práctica. También proporciona a la administración el sentir, y seguridad de que el estudio es suyo y facilita el apoyo para la pronta implantación.

La etapa de implantación incluye varios pasos, los cuales, se presentan a continuación:

1. El equipo de analistas, debe dar una cuidadosa explicación a la gerencia responsable sobre el nuevo sistema y método a adoptar, al igual que su relación con la realidad operativa.
2. El equipo de analistas y gerencia operativa, tienen y comparten la responsabilidad de desarrollar los procedimientos requeridos para poner en marcha el sistema y método en operación.
3. La gerencia operativa, da una capacitación detallada al personal que participa y se inicia un nuevo curso de acción con la implantación.
4. Si tiene éxito, el nuevo método se puede emplear durante algún tiempo, incluso años en el futuro.

Con esto en mente, el equipo de analistas vive la experiencia inicial con la acción tomada en conjunto, para identificar cualquier modificación que deba hacerse en tiempos futuros.

Durante todo el periodo de uso del nuevo método, es importante continuar con la obtención de retroalimentación acerca del funcionamiento de este, y de si los resultados todavía satisfacen lo esperado.

Cuando ocurren desviaciones significativas de las originales, el método se debe revisar para determinar si ha de modificarse.

El análisis realizado indica la eficiencia y flexibilidad del método, y hay que tener muy en cuenta que el análisis es uno, la implantación y práctica en la vida real y rutinaria, son sucesos muy independientes.

2.3 Selección de Alternativas, Ingeniería Económica y el Método TR

Una vez que el ingeniero de métodos, ha logrado obtener un conjunto de soluciones conforme a los métodos de análisis descritos anteriormente, se procede a la fase de la búsqueda y selección del método óptimo, la que con toda propiedad puede describirse como un proceso de ampliación, tanto del número como de la diversidad de soluciones posibles, para hacer posteriormente su selección.

2.3.1 La Selección y sus Criterios

Una vez terminado este proceso de ampliación mediante una minuciosa valoración, combinación y recombinación, se procede a una eliminación, la cual condensa esta colección de ideas en una única y mejor solución, entonces, al proceso de ampliación como es lógico le sigue uno de reducción, para lo cual, lo usual, es en muchas ocasiones llevada por el encargado. Tomar decisiones del tipo burdas ante el problema o por el simple sentido común sin anteponer las consecuencias de la elección, es la peor decisión del encargado y los involucrados.

El proceso de selección antes mencionado y con referencia a la toma de decisiones burdas esta, por mucho, fuera del margen de aceptación, el encargado de métodos debe a empezar a evaluar las distintas alternativas, todas ellas aún en un estado aproximado de especificación, después, con un procedimiento todavía más discriminatorio se procede a una segunda evaluación de alternativas, lo que conduce a la eliminación de un mayor número de posibilidades prosiguiendo así,

el método a la decisión del diseñador y hasta que la solución a considerar sea la óptima.

Debe observarse, que gran parte de este proceso involucra soluciones parciales, cuya combinación y recombinación muy probablemente convergen en la solución de la elección final. Al término de la fase anterior, se procede a especificar y detallar de manera eficaz la solución, a fin de que sea aplicable.

En ciertas ocasiones, el diseñador no hace la elección final, en todo caso presenta a la persona encargada de ello un número delimitado de alternativas con datos sobre su rendimiento y costo, para que así ella pueda tomar una decisión.

Es muy difícil hacer generalizaciones con respecto al procedimiento de selección; sin embargo, se puede detectar un procedimiento general cuando esto no es subjetivo, sino que es formal, refinado y de naturaleza cuantitativa.

Este proceso incluye la solución de los criterios a considerar, la predicción de la efectividad de cada alternativa con respecto a cada criterio, la conversión a términos monetarios de estas estimaciones y la comparación de las alternativas de una manera inteligente que facilite la selección. La base para la evaluación, la proporcionan los criterios identificados como parte del análisis del problema, al menos en una forma general.

En muchos problemas de ingeniería, el criterio principal es la ganancia en la inversión, la cual, en su amplio sentido, es la que se refiere al beneficio esperado de una solución o alternativa en relación con su costo. En el diseño del producto, esto requiere valorar los beneficios de cada alternativa en cuanto a diseño expresados en forma de ingresos por concepto de ventas y de servicios al público, junto con una estimación del costo total de cada una de ellas.

En el caso de diseño de métodos de trabajo, los criterios requieren en todo momento estimar los costos pertinentes a la operación de cada método posible, así como los costos iniciales de los mismos, refiriéndose estos últimos a los costos de equipo y materiales, preparación, producción y posibles pérdidas.

No obstante, el criterio más común en estos casos es la ganancia en la inversión, y no se ha de suponer que siempre se busca la maximización de las

ganancias, algunas veces suelen regir otros criterios no tan objetivos, como los que se mencionan en los párrafos siguientes:

El criterio de la felicidad, como su nombre lo indica, en este objetivo el diseñador ha de seleccionar aquella alternativa que sea aceptada por todas las personas involucradas; en algunas ocasiones, éste suele ser el criterio básico y, en otras, sólo uno de los varios previamente establecidos.

Una de las metas principales del diseñador en la fase de selección, es la de predecir cuantitativamente el comportamiento de cada alternativa con respecto a cada uno de los criterios considerados. El diseñador de un método de trabajo debe predecir el tiempo de ejecución de cada alternativa, el esfuerzo requerido, la habilidad demandada, la fatiga causada, la flexibilidad ofrecida y el mantenimiento necesario, básicamente. Después de lo anterior; reducir todo a valor monetario, la mayoría de estas predicciones han de hacerse cuando el método aún está en su etapa conceptual, debido a que la fase de experimentación no es en sí económica.

Precisamente, es bajo estas condiciones cuando no se puede predecir con exactitud el desempeño futuro y los costos relacionados a cada alternativa, ya que, aun en la más favorable de las situaciones, es imposible eliminar los errores de medición, de pronósticos y de las decisiones consecuentes que se lleven a cabo, debe aclararse que estos errores no son la única causa de incertidumbre en la selección de los diseños posibles.

La existencia de varios criterios discriminatorios y su interdependencia obliga, en ocasiones, a ignorar varios de ellos durante la selección debido a limitaciones de criterios intangibles, los cuales, no se pueden expresar cuantitativamente solo cualitativamente; es decir, no se puede expresar cuantitativamente la aceptación que entre los clientes tengan diferentes diseños del producto. Hay otros criterios, que aun cuando se pueden expresar cuantitativamente no pueden ser convertidos de modo satisfactorio a términos monetarios, trayendo como consecuencia, que en la selección final, deban considerarse muchos criterios no expresados en dinero y/o numéricamente.

Al tomar una decisión en la elección, se excluyen los costos que no son afectados por ella, por lo cual, el buen juicio y la aplicación correcta del análisis tiene un papel muy importante en la fase de selección.

2.3.2 La ingeniería Económica y la Relación TR-TIR

Para facilitar una selección, deben presentarse el costo económico y los criterios intangibles, de tal manera, que sea posible la comparación inteligente de las alternativas, para cuyo efecto; existen varios métodos que permiten la estimación: El Costo Anual Total (CAT), de cada alternativa, el valor del dinero en tiempo presente VP (Valor Presente), y el interés obtenido en la inversión requerida TIR, entre muchos otros, y también llamada tasa de retorno de una inversión, de los cuales; solo se abordaran los métodos TR (Tasa de Retorno), y su valor adicional TIR (Tasa Interna de Retorno), y el método VP (Valor presente), para un solo problema, lo que se espera como resultado, es el óptimo funcionamiento de cada método a consideración.

Para una comparación más creíble, aceptable y analítica de las alternativas, se debe de hacer uso forzoso de una ciencia muy allegada a la ingeniería industrial; la Ingeniería Económica.

Se comienza, así, con la técnica TIR (Tasa Interna de Retorno), en lo siguiente para la comparación de alternativas, y de lo cual, se deben tomar en cuenta, los siguientes conceptos y reglas de vital importancia.

Una tasa de interés es una ganancia en función de dinero sobre una inversión, que se obtiene por años o meses según sea el caso, y es vital su estimación o cálculo para cualquier proyecto, para la selección de alternativas se toman en cuenta, las siguientes tasas de interés:

1. Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR). Que siempre es menor o igual a otra tasa de interés para que un proyecto sea viable, y tiene su valor de existencia por la aportación de los fondos propios del propietario o empresa, excluyendo a bancos y otros créditos. La TMAR, siempre se estima con el porcentaje del patrimonio de la empresa o propietario que desea invertir en un proyecto. Su símbolo, es el siguiente: $TMAR = 15\%$.

2. Tasa de Retorno (TR). Que siempre es mayor o igual que la TMAR, para asegurar así una ganancia, tanto en una inversión como en la selección de alternativas se hace presente cuando los fondos son externos, es decir, cuando provienen de un banco u otro tipo de crédito, es de valiosa importancia, ya que su cálculo implica la ganancia del que extiende el crédito en el último pago de éste. El cálculo de la TR, se da por medio de fórmulas que implican un solo factor. Su símbolo, es el siguiente: $TR = i$, entonces, sí, $i = 17\%$ se cumple la relación: $TR = i \geq TMAR$, para una inversión segura.
3. Tasa Interna de Retorno (TIR). También llamada tasa de retorno de equilibrio, o Índice de rentabilidad; es un valor adicional que le añade a la TR, y da el carácter de seguridad al proyecto, en este caso la TIR, se utiliza en la técnica de flujos de efectivo, para obtener el valor seguro de la inversión o alternativa. Se le conoce, mediante el siguiente símbolo: $TIR = i^* = i^{Estrella}$, así: $i^* = 22\%$ o $i^* \geq TMAR$. Con la anterior notación se concluye; que esta tasa de interés debe ser igual o mayor que la TMAR, y se utiliza para más de uno o dos factores. Su resultado en la selección de alternativas da la confiabilidad de decisión correcta.
4. Factores: Un factor dentro de la ingeniería económica, es una fórmula derivada de un caso real, cuyo objetivo es encontrar un valor seguro que satisfaga una inversión dada. Entre los factores involucrados en la selección de alternativas, se encuentran los siguientes:

a) $P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$ Esta primera ecuación se conoce como el factor de

valor presente, pago único (FVPPU), o bien factor P/F . Dicha expresión determina el valor presente P , de una cantidad futura dada F , después de n años y una tasa de interés i . Esta expresión se sintetiza para su mejor manejo mediante la notación estándar, de la siguiente manera: $(P/F, i, n)$.

b) $P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$ La ecuación anterior se llama factor de valor

presente, serie uniforme (FVP-SU), o Factor P/A . Esta ecuación da el valor presente P , de una serie anual uniforme equivalente A , que empieza al final del año 1, y se extiende durante n años a una tasa de interés i . La expresión anterior para su mejor manejo se da mediante la notación estándar, de la siguiente forma: $(P/A, i, n)$.

5. Los flujos de efectivo y la TR: Los flujos de efectivo son una técnica que se aborda, en este caso, para encontrar la alternativa deseada en relación con la TR y su valor adicional TIR. Se plantea, de la siguiente manera:

El valor presente de las inversiones o desembolsos, VP_E se iguala al valor presente de los ingresos VP_I , en forma equivalente, los dos pueden restarse o igualarse a cero, es decir:

$$VP_E = VP_I$$

$$0 = -VP_E + VP_I \text{ ----- FE1}$$

6. Interpolación: Cuando no se encuentra un factor para una tasa de interés i , o número de periodos n , que no están contemplados en las tablas de interés, se recurre a las fórmulas derivadas para cada factor, pero para mayor facilidad se recurre a la interpolación entre los valores tabulados, acción que es más rápida y fácil.

En general, es mucho más fácil todavía recurrir a las fórmulas de una calculadora o a la hoja de cálculo que ya las tiene programadas. Cabe mencionar que los valores obtenidos por interpolación no son lo suficientemente exactos, ya se interpretan ecuaciones no lineales (exponenciales), como ecuaciones lineales. Sin embargo, la interpolación es aceptable en la mayoría de los casos, siempre y cuando, los valores obtenidos de i y n , no sean muy distantes entre sí.

El primer paso de la interpolación lineal, es conocer los factores conocidos y desconocidos, se escribe entonces una ecuación de razones y se resuelve para

c , de la siguiente forma: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ o $c = \frac{a}{b}d$ ----- IN1

Donde c = Al valor buscado del factor seleccionado y que no se encuentra en tablas. a = A la diferencia de el valor buscado no tabulado en tablas, menos el valor tabulado. b = A la diferencia de del valor mayor tabulado en tablas menos el valor de a , también tabulado en tablas, y d = A la diferencia del valor mayor menos el valor menor del factor seleccionado y, que corresponden directamente cada uno de ellos, a los valores tabulados de b .

Para terminar, el valor de c en la ecuación IN1, se suma o resta del valor 1 ya tabulado, esto dependiendo si el valor del factor esta aumentando o disminuyendo, respectivamente.

Para encontrar el valor de la tasa interna de retorno (TIR), se debe de plantear el método de ensayo y error, esto principalmente cuando los factores presentan años diferentes. Todo lo anterior debido a la regla de satisfacer la ecuación (FE1), antes descrita en cuanto a su igualdad.

El siguiente ejemplo, es la columna vertebral para la mejor comprensión de la relación de la TR (Tasa de retorno), y el valor agregado de la TIR (Tasa interna de retorno), de una inversión o proyecto. Ejemplo:

El señor Palacios invierte \$10,000.00, de los cuales, le prometen un pago de \$5,000.00 dentro de 3 años y otro de \$13,000.00 en 5 años a partir de ahora.

1. Calcular la tasa de retorno (TR), si el señor Palacios recibe solo un pago de \$18,000.00 al final del año 5.
2. Calcular el valor de la tasa interna de retorno (TIR), con los pagos de \$5,000.00 en 3 años y \$13,000.00 al final del año 5. Utilizando el método de ensayo y error para satisfacer la ecuación de los flujos de efectivo (FE1).
3. Obtener la TIR, con el uso de la hoja de calculo Excel.

Respuestas:

1. Se utiliza el valor presente futuro $(P/F, i, n)$ ó $P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$ igualando el factor por medio de la ecuación de los flujos de efectivo, así:

$10000 = 18000(P/F, i, 5)$, dada esta notación, es el más accesible e idóneo encontrar la TR, o bien: Sustituyendo: $10000 = 18000 \frac{1}{(1+i)^5}$ entonces:

$$.5555 = \frac{1}{(1+i)^5} \therefore i = \left[\left(\frac{1}{.5555} \right)^{0.2} - 1 \right] (100) = 12.47\% \quad \therefore TR = i = 12.47\%$$

2. Se utiliza el factor presente futuro: $(P/F, i, n)$ ó $P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$ para 3 y 5

años. Igualando el factor mediante los flujos de efectivo (FE1):

$$10000 = 5000(P/F, i^*, 3) + 13000(P/F, i^*, 5)$$

$$0 = -10000 + 5000(P/F, i^*, 3) + 13000(P/F, i^*, 5)$$

Se observa se repite el factor (P/F) , con años diferentes y cantidades diferentes, entonces se suman las cantidades de cada factor, y se escoge un solo factor con su año respectivo, en este caso, el factor con ciclo de 5 años, es el mas cercano a una tasa de interés razonable. Para satisfacer la ecuación de flujo de efectivo, quedando de la siguiente manera:

$10000 = 18000(P/F, i^*, 5)$ Sustituyendo: $10000 = 18000 \frac{1}{(1+i^*)^5}$ Nuevamente la

ecuación es idéntica, pero ahora en función de Así:

$$.5555 = \frac{1}{(1+i^*)^5} \therefore i = \left[\left(\frac{1}{.5555} \right)^{0.2} - 1 \right] (100) = 12.47\% \quad \therefore \text{El primer valor para}$$

$$i^* = 0.1247(100) = 12.47\%$$

Esta tasa i^* , muestra el valor de 12% en el factor P/F . Ahora para la ecuación del flujo de efectivo se buscan valores en tablas para 3 y 5 años con la misma tasa de interés, si se busca con esta información, se obtiene el valor de 0.5674, a 5 años, y 0.7118, a 3 años, sustituyendo estos valores en la ecuación de flujo de efectivo:

$$10000 = 5000(P/F, i^*, 3) + 13000(P/F, i^*, 5)$$

$$10000 = 5000(P/F, 12\%, 3) + 13000(P/F, 12\%, 5), \quad 10000 = 5000(0.7118) + 13000(0.5674)$$

$$\therefore VP_E = VP_I = 10000 = 10935$$

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

La igualdad no se cumple para la ecuación (FE1), 935 es un número muy alto, por lo que el método de ensayo y error es necesario, pero ahora para una tasa de interés del 14% , también para 5 y 3 años respectivamente.

Los valores obtenidos son: 0.6750 para 3, y 0.5194 para 5 años. Sustituyendo valores en la ecuación de flujo de efectivo.

$$10000 = 5000(P/F, i^*, 3) + 13000(P/F, i^*, 5)$$

$$10000 = 5000(P/F, 14\%, 3) + 13000(P/F, 14\%, 5), \quad 10000 = 5000(0.6750) + 13000(0.5194)$$

$$\therefore VP_E = VP_I = 10000 = 10127$$

Nuevamente la igualdad no se cumple pero se acerca mucho; 127 todavía es un número elevado para un flujo de efectivo y una inversión, con lo anterior se buscan valores en tablas para la tasa del 15% , para 3 y 5 años respectivamente. Los valores obtenidos, son los siguientes: 0.6575 para 3, y 0.4972 para 5 años. Sustituyendo:

$$10000 = 5000(P/F, i^*, 3) + 13000(P/F, i^*, 5)$$

$$10000 = 5000(P/F, 15\%, 3) + 13000(P/F, 15\%, 5), \quad 10000 = 5000(0.6575) + 13000(0.4972)$$

$$\therefore VP_E = VP_I = 10000 = 9751.1$$

La igualdad no se cumple, y por el contrario, el valor se aleja del óptimo para la ecuación, pero se sabe con este resultado que el valor se encuentra entre la tasa del 14 y 15% . Para llegar al valor que satisfaga la ecuación del flujo de efectivo se tiene que interpolar entre las tasas del 14 y 15% , lo cual, se da a continuación: Interpolando para 3 años con una tasa del 14.5% , se obtiene:

$$a \left[\begin{array}{l} 14\% \\ 14.5\% \end{array} \right] \quad y \quad c \left[\begin{array}{l} 0.6750 \\ X \end{array} \right] \quad \text{Utilizando (IN1),} \quad c = \frac{a}{b} d \quad \therefore$$

$$b[15\%] \quad d[0.6575]$$

$$c = \frac{14.5 - 14}{15 - 14} (0.6750 - 0.6575) = c = \frac{0.5}{1} (0.6750 - 0.6575) \quad \therefore c = \frac{0.5}{1} (0.0175) = 0.00875$$

Dado que el factor disminuye del 14 al 15%, el valor c se resta al valor del factor del 14% . $\therefore X = 0.6750 - 0.00875 = 0.66625$, para 3 años.

Interpolando para 5 años con la misma tasa del 14.5% :

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

$$a \left[\frac{14\%}{14.5\%} \right] \quad y \quad c \left[\frac{0.5194}{X} \right] \quad \text{Entonces:} \quad c = \frac{a}{b} d \quad \therefore \quad c = \frac{14.5-14}{15-14} (0.5194 - 0.4972)$$

$$b[15\%] \quad d[0.4972]$$

$$c = \frac{0.5}{1} (0.5194 - 0.4972) = c = \frac{0.5}{1} (0.0222) = 0.0111 \text{ Nuevamente el factor se resta al}$$

factor del 14% $\therefore X = 0.5194 - 0.0111 = 0.5083$. Encontrados los valores para 3 y 5 años y sustituyendo en (FE1), ecuación de flujo de efectivo:

$$10000 = 5000(P/F, i^*, 3) + 13000(P/F, i^*, 5)$$

$$10000 = 5000(P/F, 14.5\%, 3) + 13000(P/F, 14.5\%, 5)$$

$$10000 = 5000(0.66625) + 13000(0.5083) \therefore VP_E = VP_I = 10000 = 9939.15$$

La igualdad no se satisface, se obtienen factores con la tasa del 14.3%, para 3 y 5 años respectivamente. Interpolando para 3 años con la tasa del 14.3%.

$$a \left[\frac{14\%}{14.3\%} \right], \quad y \quad c \left[\frac{0.6750}{X} \right] \quad \text{así:} \quad c = \frac{a}{b} d \quad \therefore \quad c = \frac{14.3-14}{15-14} (0.6750 - 0.6575)$$

$$b[15\%] \quad d[0.6575]$$

$$c = \frac{0.3}{1} (0.6750 - 0.6575) \quad c = \frac{0.3}{1} (0.0175) = 0.00525 \text{ Este factor } c \text{ se resta al valor}$$

del factor del 14% $\therefore X = 0.6750 - 0.00525 = 0.66975$ Para 3 años.

Interpolando para 5 años con la tasa del 14.3% $\cdot a \left[\frac{14\%}{14.3\%} \right], y c \left[\frac{0.5194}{X} \right]$ Donde

$$b[15\%] \quad d[0.4972]$$

$$c = \frac{a}{b} d \quad \therefore \quad c = \frac{14.3-14}{15-14} (0.5194 - 0.4972) \quad c = \frac{0.3}{1} (0.5194 - 0.4972),$$

$$c = \frac{0.3}{1} (0.0222) = 0.00666$$

Nuevamente el factor se resta al factor del 14% $\therefore X = 0.5194 - 0.00666 = 0.51274$. Encontrados los valores para 3 y 5 años con la tasa del 14.3%, y sustituyendo en la ecuación de flujo de efectivo:

$$10000 = 5000(P/F, i^*, 3) + 13000(P/F, i^*, 5)$$

$$10000 = 5000(P/F, 14.3\%, 3) + 13000(P/F, 14.3\%, 5)$$

$$10000 = 5000(0.66975) + 13000(0.51274) \therefore VP_E = VP_I = 10000 = 10014.37$$

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

Con este resultado la igualdad esta casi completada, pero en la economía y, más aun en la ingeniería, los resultados matemáticos deben de ser lo mas exactos posibles.

Para una tasa del 14.33% , y mediante interpolación se obtienen los siguientes resultados: Interpolando para 3 años a una tasa del 14.33% . $c = \frac{a}{b}d$

$$\therefore c = \frac{14.33-14}{15-14}(0.6750-0.6575) \qquad c = \frac{0.33}{1}(0.6750-0.6575)$$

$$c = \frac{0.33}{1}(0.0175) = 0.005775$$

El factor obtenido c , se resta al valor del factor del 14% ,
 $\therefore X = 0.6750 - 0.005775 = 0.669225$ para 3 años.

Interpolando para 5 años con la tasa del 14.33% . $c = \frac{a}{b}d \quad \therefore$

$$c = \frac{14.33-14}{15-14}(0.5194-0.4972) \quad c = \frac{0.33}{1}(0.5194-0.4972) \quad c = \frac{0.33}{1}(0.0222) = 0.007326$$

El factor obtenido se resta al factor del 14% . $\therefore X = 0.5194 - 0.007326 = 0.512074$

Encontrados los valores para 3 y 5 años con la tasa del 14.33% , y sustituyendo en la ecuación de flujo de efectivo:

$$10000 = 5000(P/F, i^*, 3) + 13000(P/F, i^*, 5)$$

$$10000 = 5000(P/F, 14.33\%, 3) + 13000(P/F, 14.33\%, 5)$$

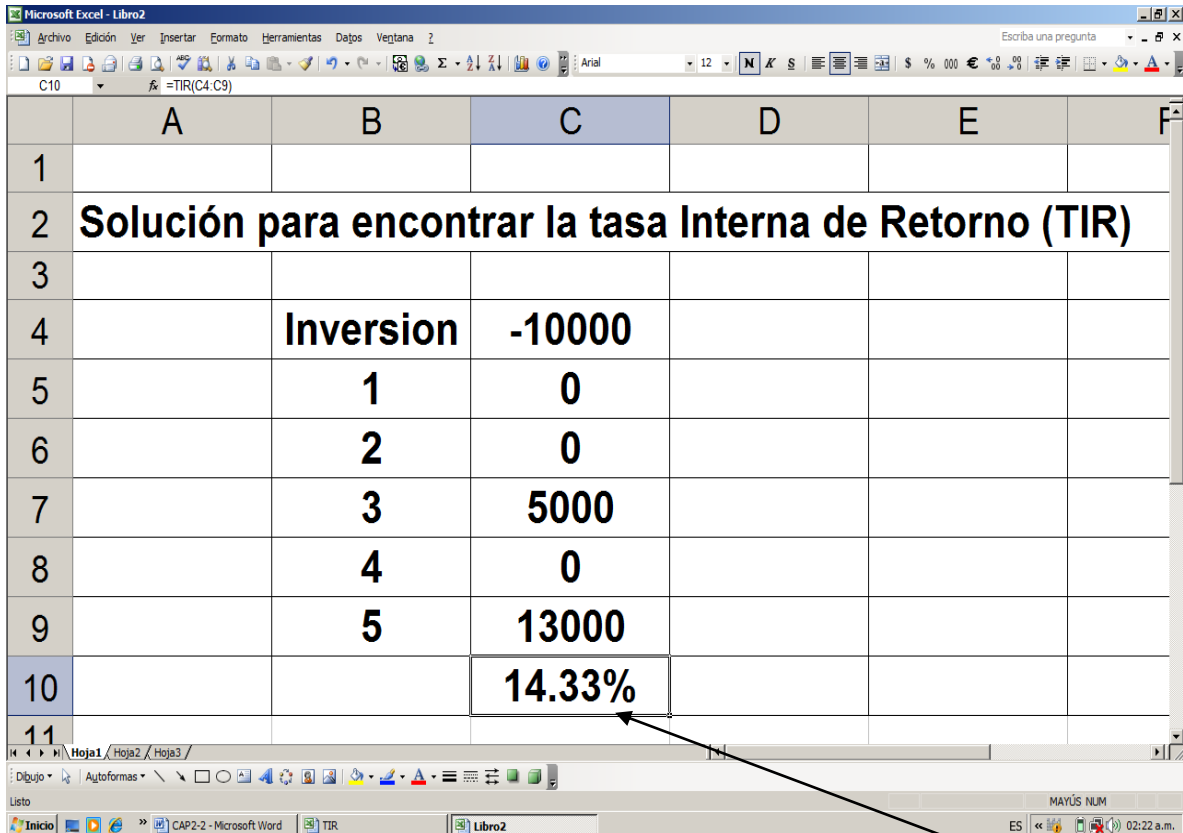
$$10000 = 5000(0.669225) + 13000(0.512074) \quad \therefore VP_E = VP_I = 10000 = 10003.087$$

Con este margen de error: $\frac{10003.087 - 10000}{10003.087} = 0.0003086(100) = 0.03\%$ La

ecuación queda totalmente satisfecha: $\therefore TIR = i^* = 14.33\%$

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

3. Utilizando la hoja de cálculo Excel (97-2003), para encontrar la $TIR = i^*$, el cual, se muestra en la siguiente gráfica:



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F
1						
2	Solución para encontrar la tasa Interna de Retorno (TIR)					
3						
4		Inversion	-10000			
5		1	0			
6		2	0			
7		3	5000			
8		4	0			
9		5	13000			
10			14.33%			
11						

The formula bar shows `=TIR(C4:C9)` and the status bar shows the result `14.33%`.

Gráfica 2-1 Solución en la hoja de calculo con la fórmula: =TIR(C4:C9)

El resultado en la gráfica 2-1, es igual al obtenido mediante el método de ensayo y error en la ecuación de flujo de efectivo, por lo que ya se comentó es más fácil, más rápido y eficaz.

2.3.3 Selección de Alternativas Mediante el Método TR

El análisis TR, considera la selección de alternativas múltiples, es decir, más de dos, que son mutuamente excluyentes, con este método, la aceptación automática de una alternativa excluye automáticamente a cualquier otra.

Esta metodología, es muy popular debido a los valores TR, en el desarrollo, aunque con frecuencia se realiza de forma incorrecta. Es esencial saber, que este análisis esta basado en las relaciones de VP y VA; para este requerimiento puesto que el valor TR se basa en los flujos de efectivo, que en este caso, son de tipo incremental entre las alternativas para la selección correcta.

Cuando se aplica el método TR, la inversión debe rendir por lo menos la TMAR (Tasa mínima atractiva de retorno), cuando los valores sobre las diversas alternativas igualan o exceden la TMAR, por lo menos uno de ellos es justificado ya que la $TR \geq TMAR$; esta relación, es la que requiere la menor inversión; si una inversión no se justifica, se selecciona la alternativa de no hacer nada y para todas las demás alternativas deben justificarse por separado.

Si $TR \geq TMAR$, entonces debe de hacerse una inversión adicional con el fin de maximizar el rendimiento total del dinero disponible. Por tanto, para el análisis TR, se utilizan los siguientes criterios.

1. Seleccionar la alternativa que apueste y exija la inversión más grande.
2. Indicar que se justifica la inversión adicional frente a otra alternativa aceptable.

Un punto importante al evaluar alternativas con el método TR, es que una alternativa no debe compararse con aquella para la cual, no se justifica la inversión incremental. El procedimiento de análisis TR, es el siguiente:

1. Ordenar las alternativas en aumento de su inversión; es decir, de la más baja a la más alta.
2. Determinar la naturaleza de los flujos de efectivo; es decir, flujos de efectivo positivos y negativos o todos los flujos negativos, si este es el caso:
 - a) Si algunos de los flujos de efectivo son positivos, es decir ingresos. Se debe considerar la alternativa de no hacer nada como el defensor y calcular los flujos de efectivo entre la alternativa de no hacer nada y la alternativa de inversión inicial más baja (el retador). Si es reafirmado lo anterior, se debe seguir el siguiente criterio:

Establecer la relación TR y determinar i^* , para el defensor, al comparar con la alternativa de no hacer nada, la TR, es el retorno global del retador. Si $i^* < TMAR$, se retira la alternativa más baja de inversión y de mayor consideración; después, se calcula la TR, global para la alternativa de inversión siguiente más alta, esto se repite hasta que $i^* \geq TMAR$, para una de las alternativas; entonces, esta alternativa se convierte en el defensor y la siguiente alternativa de inversión más alta recibe el nombre de retador.

b) Si todos los flujos de efectivo son negativos, es decir, solo costos. Se debe considerar la alternativa de inversión mas baja como el defensor y la inversión siguiente más alta como el retador y de inmediato, se pasa al siguiente criterio:

Determinar el flujo de efectivo incremental anual entre el defensor y el retador utilizando la relación: Flujo de efectivo incremental = flujo de efectivo retador - flujo de efectivo defensor.

3. Calcular i^* , para la serie de flujos de efectivo incremental utilizando una ecuación VP, que se utiliza con mayor frecuencia.
4. Si $i^* \geq TMAR$, el retador se convierte en el defensor y este deja de ser considerado; al contrario, si $i^* < TMAR$, el retador deja de ser considerado y el defensor permanece como defensor contra el próximo retador.
5. Se tiene que seguir los pasos anteriores, hasta que quede solamente una alternativa. Esta última es la seleccionada.
6. Mínimo Común Múltiplo (MCM), de dos números. En la selección de alternativas, sobre todo si estas son de carácter múltiple y con vidas totalmente diferentes. El teorema del mínimo común múltiplo de dos números, es como sigue: El MCM, de dos números diferentes, es igual al producto de estos, dividido entre su máximo común divisor.
7. Máximo Común Divisor (MCD). Que es indispensable cuando las vidas de las alternativas son diferentes. El teorema para obtener el MCD, de dos números se define, de la siguiente manera: Se efectúa la división del mayor entre el menor, si se obtiene un resto, se divide el menor entre dicho resto; después, este resto entre el segundo resto que se obtenga, y así sucesivamente hasta que se obtenga un resto nulo. El último divisor de carácter entero es el MCD (Máximo común divisor).

De acuerdo a lo antes establecido, se aborda la selección de alternativas con el método TR (Tasa de retorno), y su valor agregado TIR (Tasa interna de retorno). Por lo que se da un ejemplo, a continuación:

Industrias TEC-VITEL, compañía dedicada a fabricar bombas hidráulicas de todo tipo y potencia, quiere actualizar su método de producción debido a la

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

creciente competencia. El grupo de ingenieros, ofrece 4 alternativas para la mejora en la obtención y producción de propelas específicamente diseñadas para los últimos diseños en cuanto a bombas de alta potencia, por lo cual, las alternativas proponen la compra de un horno apropiado para dichas propelas, hechas a base de una aleación al alto carbono. Los flujos de efectivo asociados con cada alternativa se muestran a continuación; si la TMAR, es del 18% , anual y se espera que los métodos de fabricación tengan una vida en orden aleatorio de 10, 5, 4 y 8 años respectivamente. Determinar cual alternativa debe seleccionarse utilizando el método TR. Listado de los métodos a seleccionar:

Conceptos con costo en dólares	A	B	C	D
Inversión Inicial \$	\$34,000	\$22000	\$42000	\$28000
Costo anual de operación \$	\$11,000	\$5500	\$16000	\$7000
Tiempo estándar de fabricación (min.)	3.0 min.	3.9 min.	2.3 min.	2.8 min.
Ingreso anual \$	\$18500	\$10000	\$19000	\$14000
Valor de salvamento \$	\$3500	\$2500	\$4500	\$3000
Periodo de vida en años	10	5	4	8

Tabla 2-1 Se observan las 4 alternativas sin orden preestablecido.

Ordenando alternativas:

Conceptos con costo en dólares	1	2	3	4
Inversión Inicial \$	-22000	-28000	-34000	-42000
Costo anual de operación \$	-5500	-7000	-11000	-15500
Tiempo estándar de fabricación (min.)	3.9 min.	3.0 min.	2.8 min.	1.53 min.
Ingreso anual \$	10000	14000	18500	27500
Valor de salvamento \$	2500	3000	3500	4500
Periodo de vida en años	5	8	10	4
Criterios estimados	No hacer	No hacer	(3) a (2)	(4) a (3)

Tabla 2-2 Se observan las alternativas ordenadas de menor a mayor inversión.

Usando la hoja de cálculo Excel (2007), para (2) a (1), siguiente página.

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

	No hacer			No hacer	
	Retador			Defensor	
	1			2	
Parámetros	Alternativa	Alternativa		Inversión	
	1	2		1	
Inversión	-22000.00	-28000.00		2	4500.00
CAO	-5500.00	-7000.00		3	4500.00
Ingreso anual	10000.00	14000.00		4	4500.00
VS	2500.00	3000.00		5	7000.00
Vida en años	5	8		6	7000.00
				7	7000.00
Definiciones:				8	10000.00
CAO: Costo Anual de Operación				TOTAL	3000.00
VS: Valor de Salvamento				TIR=i*=	4.13%
TIR: Tasa Interna de Retorno					19.48%

Gráfica 2-2. Con la formula: $=TIR(G6:G14)$, se tiene; $i_1^* < i_2^* > TMAR = 4.13\% < 19.48\% > 18\%$ $\therefore (2) = 19.48\%$ vence a (1), y a la TMAR.

Dado lo anterior (2), será el defensor y (3), el retador, en este caso y seguidos los pasos del método TR, para la selección es necesario el MCM, de ambas vidas. Usando la hoja de cálculo Excel, la siguiente figura (2-3, siguiente página), no muestra la parte análoga del MCM, pero esta se expresa, con la

siguiente ecuación:
$$\frac{N_1(N_2)}{MCD}$$

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
4						
6			1	4		
7		10	8	<u>2</u>		
8		2	0			
10						
12		MCM =	<u>40</u>			

Gráfica 2-3 Muestra las fórmulas: $=M.C.M(B7,C7)$ y $=M.C.D(B7,C7)$. La parte análoga del MCD, también se muestra en esta figura.

El MCM, para (3) y (2), como ya se mostró es 40. Se utiliza con este resultado la hoja de cálculo Excel versión 2010, para encontrar el valor adicional TIR, para esto, se tiene la siguiente gráfica en la página que sigue:

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

ALTERNATIVAS [Modo de compatibilidad] - Microsoft Excel

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Modificar

G20 fx 19.48%

Cálculo de la TIR= i^* de Alternativas (3) a (2) mediante el método TR				CONTINUACIÓN				
	Defensor	Retador	Flujo Incremental		Defensor	Retador	Flujo Incremental	
	2	3	(3) - (2)		2	3	(3) - (2)	
4	Inversión	-28000.00	-34000.00	-6000.00	26	7000.00	7500.00	500.00
5	1	7000.00	7500.00	500.00	27	7000.00	7500.00	500.00
6	2	7000.00	7500.00	500.00	28	7000.00	7500.00	500.00
7	3	7000.00	7500.00	500.00	29	7000.00	7500.00	500.00
8	4	7000.00	7500.00	500.00	30	7000.00	-23000.00	-30000.00
9	5	7000.00	7500.00	500.00	31	7000.00	7500.00	500.00
10	6	7000.00	7500.00	500.00	32	-18000.00	7500.00	25500.00
11	7	7000.00	7500.00	500.00	33	7000.00	7500.00	500.00
12	8	-18000.00	7500.00	25500.00	34	7000.00	7500.00	500.00
13	9	7000.00	7500.00	500.00	35	7000.00	7500.00	500.00
14	10	7000.00	-23000.00	-30000.00	36	7000.00	7500.00	500.00
15	11	7000.00	7500.00	500.00	37	7000.00	7500.00	500.00
16	12	7000.00	7500.00	500.00	38	7000.00	7500.00	500.00
17	13	7000.00	7500.00	500.00	39	7000.00	7500.00	500.00
18	14	7000.00	7500.00	500.00	40	10000.00	11000.00	1000.00
19	15	7000.00	7500.00	500.00	TOTAL	83000.00	85500.00	2500.00
20	16	-18000.00	7500.00	25500.00	TIR= i^*	19.48%	18.30%	13.46%
21	17	7000.00	7500.00	500.00				
22	18	7000.00	7500.00	500.00	Parametros	Defensor	Retador	
23	19	7000.00	7500.00	500.00		2	3	
24	20	7000.00	-23000.00	-30000.00	Inversión	-28000.00	-34000.00	
25	21	7000.00	7500.00	500.00	CAO	-7000.00	-11000.00	
26	22	7000.00	7500.00	500.00	Ingreso anual	14000.00	18500.00	
27	23	7000.00	7500.00	500.00	VS	3000.00	3500.00	
28	24	-18000.00	7500.00	25500.00	Vida en años	8	10	
29	25	7000.00	7500.00	500.00				

Gráfica 2-4 El resultado nuevamente favorece a (2). Así, $i_3^* < i_2^* > TMAR = 18.30\% < 19.48\% > 18\%$ (2) es el defensor, y (4) será el retador.

En el siguiente ejemplo, se decide cual es la selección final, también con la hoja de cálculo Excel 2010.

Siguiente página.

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

Utilizando la hoja de cálculo Excel.

	Defensor 2	Retador 4	Flujo Incremental (4) - (2)
Parametros			
Inversión	-28000.00	-42000.00	-14000.00
CAO	-7000.00	-15500.00	5000.00
Ingreso anual	14000.00	27500.00	5000.00
VS	3000.00	5500.00	5000.00
Vida en años	8	4	5000.00
MCD	2		5000.00
8	4		7500.00
0			
TOTAL	31000.00	23000.00	15000.00
TIR=i* =	19.48%	9.79%	-8.56%

Figura 2-5 Con: $\underline{=TIR(F5:F13)}$, (2), es la alternativa de mejor opción.

De este modo las tasas $i^*_4 < i^*_2 > TMAR = 9.79\% < 19.48\% > 18\%$, aunque las dos alternativas fuesen mayores que la TMAR, se escoge la de mayor valor, pues, es la que deja más ganancia a futuro; en consecuencia (2), es la selección más apta para el proyecto.

2.4 Selección de Alternativas Mediante el Método de Valor Presente (VP)

El método (VP), valor presente, es muy popular dentro de la selección de alternativas sea de vidas iguales o diferentes, ya que los gastos o los ingresos a futuro, se transforman en moneda circulante equivalente y actual; es decir, todos los flujos involucrados a futuro en una alternativa se convierten a la moneda en uso y presente, de esta manera, es muy fácil familiarizarse con el análisis económico y analizar la ventaja de una alternativa sobre otra. Para un mayor entendimiento del Método se presentan, los siguientes criterios:

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

1. Dos alternativas o más. En este caso solo puede seleccionarse una alternativa; pues, de entre varias estas deben ser de carácter mutuamente excluyentes, para ello; se selecciona aquella con el valor VP, que sea mayor en términos numéricos; es decir, se toma en cuenta la alternativa con el valor más positivo, indicando e incluyendo a su vez el valor (VP), de costos más bajo o más alto de un flujo de efectivo neto de entradas y salidas. Para consolidar lo mencionado, se utiliza el método ya mencionado, pero con las mismas alternativas para el análisis TR.
2. Mínimo común Múltiplo (MCM). Para alternativas con vidas diferentes es necesario obtener el MCM (Mínimo común múltiplo), que previó se explicó ya en este trabajo y anterior método.
3. Para el manejo del método del valor presente, se tiene la siguiente ecuación:

$$VP = VP_E \pm (P/F, i, n) \pm (P/A, i, n) \text{ ----- } VP1$$

Donde P/F = Al factor de valor presente futuro. P/A = Al factor valor presente a una serie anual uniforme. VP = Al valor total obtenido de los flujos de efectivo, que en este caso pueden ser positivos o negativos (\pm). i = A la tasa de interés = $TMAR = 18\%$ y n = A un periodo determinado mediante un cierto número de años.

Se aborda el mismo problema propuesto para el análisis TR. Donde $TMAR = 18\%$.

Conceptos con costo en dólares	1	2	3	4
Inversión Inicial \$	-22000	-28000	-34000	-42000
Costo anual de operación \$	-5500	-7000	-11000	-15500
Tiempo estándar de fabricación (min.)	3.9 min.	3.0 min.	2.8 min.	1.53 min.
Ingreso anual \$	10000	14000	18500	27500
Valor de salvamento \$	2500	3000	3500	4500
Periodo de vida en años	5	8	10	4

Tabla 2-3 Se Muestran las alternativas de acuerdo a sus flujos de efectivo.

CAPÍTULO 2 LAS TÉCNICAS DEL ANÁLISIS

El MCM, de 5 y 8 es 40. Utilizando las ecuaciones VP_1 y VP_2 , para (1) y (2). Y donde los factores involucrados se muestran en forma de notación estándar para un mejor manejo, Se da entonces la solución para las alternativas VP_1 y VP_2 , a continuación.

$$\begin{aligned}
 VP_1 = & -22000 - 22000(P/F, 18\%, 5) + 2500(P/F, 18\%, 5) - 22000(P/F, 18\%, 10) + \\
 & 2500(P/F, 18\%, 10) - 22000(P/F, 18\%, 15) + 2500(P/F, 18\%, 15) - 22000(P/F, 18\%, 20) + \\
 & 2500(P/F, 18\%, 20) - 22000(P/F, 18\%, 25) + 2500(P/F, 18\%, 25) - 22000(P/F, 18\%, 30) + \\
 & 2500(P/F, 18\%, 30) - 22000(P/F, 18\%, 35) + 2500(P/F, 18\%, 35) + 2500(P/F, 18\%, 40) - \\
 & 5500(P/A, 18\%, 40) + 10000(P/A, 18\%, 40)
 \end{aligned}$$

Buscando en tablas los valores para los factores P/F , P/A con la $TMAR = 18\%$ y, n, años respectivos.

$$\begin{aligned}
 VP_1 = & -22000 - 22000(.4371) + 2500(.4371) - 22000(.1911) + 2500(.1911) - 22000(.0835) + \\
 & 2500(.0835) - 22000(.0365) + 2500(.0365) - 22000(.01615) + 2500(.01615) - 22000(.0070) \\
 & + 2500(.0070) - 22000(.0030) + 2500(.0030) + 2500(.0013) - 5500(5.5482) + 10000(5.5482) \\
 = & -12129.675 \quad \therefore VP_1 = -12129.675
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VP_2 = & -28000 - 28000(P/F, 18\%, 8) + 3000(P/F, 18\%, 8) - 28000(P/F, 18\%, 16) + \\
 & 3000(P/F, 18\%, 16) - 28000(P/F, 18\%, 24) + 3000(P/F, 18\%, 24) - 28000(P/F, 18\%, 32) + \\
 & 3000(P/F, 18\%, 32) + 3000(P/F, 18\%, 40) - 7000(P/A, 18\%, 40) + 14000(P/A, 18\%, 40) \\
 VP_2 = & -28000 - 28000(.2660) + 3000(.2660) - 28000(.0708) + 3000(.0708) - 28000(.0188) + \\
 & 3000(.0188) - 28000(.0050) + 3000(.0050) + 3000(.0013) - 7000(5.5482) + 14000(5.5482) \\
 = & 1826.3 \quad \therefore VP_2 = 1826.3
 \end{aligned}$$

Con este resultado la opción (2) = VP_2 , deja fuera a la opción (1) = VP_1 . Ahora, corresponde a (2) enfrentar a (3), dadas las vidas de estas alternativas el MCM, de 8 y 10 también es 40, por lo cual, indica que el valor para $VP_2 = 1826.3$, es el mismo; es decir, solo se utiliza el método VP para (3), y se hace la comparación de resultados. Utilizando la ecuación VP, y buscando el valor de cada factor para VP_3 , se tiene:

$$\begin{aligned}
 VP_3 &= -34000 - 34000(P/F, 18\%, 10) + 3500(P/F, 18\%, 10) - 34000(P/F, 18\%, 20) + \\
 &3500(P/F, 18\%, 20) - 34000(P/F, 18\%, 30) + 3500(P/F, 18\%, 30) + 3500(P/F, 18\%, 40) - \\
 &11000(P/A, 18\%, 40) + 18500(P/A, 18\%, 40) \\
 VP_3 &= -34000 - 34000(.1911) + 3500(.1911) - 34000(.0365) + 3500(.0365) - 34000(.0070) + \\
 &3500(.0070) + 3500(.0013) - 11000(5.5482) + 18500(5.5482) \\
 &= 460.75 \therefore VP_3 = 460.75
 \end{aligned}$$

Con este resultado la opción (2), sigue siendo la viable y, la cual, se compara con (4)= VP_4 , la comparación de estas alternativas con vidas desiguales es, de 8 y 4 años respectivamente, el MCM, de estos números es 8. Utilizando el método VP, para ambas alternativas:

$$\begin{aligned}
 VP_2 &= -28000 + 3000(P/F, 18\%, 8) - 7000(P/A, 18\%, 8) + 14000(P/A, 18\%, 8) \\
 VP_2 &= -28000 + 3000(.2660) - 7000(4.0776) + 14000(4.0776) = 1341.2 \\
 \therefore VP_2 &= 1341.2
 \end{aligned}$$

Utilizando el método VP, para VP_4

$$\begin{aligned}
 VP_4 &= -42000 - 42000(P/F, 18\%, 4) + 5500(P/F, 18\%, 4) + 5500(P/F, 18\%, 8) - \\
 &15500(P/A, 18\%, 8) + 27500(P/A, 18\%, 8) \\
 VP_4 &= -42000 - 42000(.5158) + 5500(.5158) + 5500(.2660) - 15500(4.0776) + \\
 &27500(4.0776) = -10432.5 \\
 \therefore VP_4 &= -10432.5
 \end{aligned}$$

Con este resultado, la alternativa (2)= VP_2 , excluye a (4)= VP_4 , y en general, a todas las demás y debe ser la seleccionada, esto último pasó con el método de la tasa de retorno (TR), por lo cual, el método de valor presente (VP), es demasiado confiable para la selección de alternativas.

2.5 Aceptación y Resistencia al Cambio

Para asegurar el éxito del método seleccionado, es vital, que el encargado de aceptación tanto en el diseño del método propuesto, previamente seleccionado, vigile su realización, que la utilización inicial sea lo idóneo para lograr que la debida propuesta gane la aceptación del personal ejecutivo y de operación. Por lo común, la ingeniería tiene una función de servicio dentro de la organización

empresarial o manufacturera; lo cual significa, que la persona encargada de métodos actúa como consejero o consultor del resto del personal.

Por lo general, si este es el caso, el ingeniero sólo tiene autoridad para ordenar a sus subordinados, y fuera de esto, únicamente está autorizado dentro de la firma para aconsejar, lo que origina que después de dedicar muchas horas a un problema de selección de alternativas, ésta sea rechazada totalmente por aquéllos que tienen el poder de hacerlo.

Para ganar la aprobación deseada, se requiere que el diseño sea algo más que técnico en términos económicamente aceptables, ya que la aprobación también requiere con frecuencia, que la propuesta no comprometa los intereses de quienes tengan el poder de vetarla; por consiguiente, solo queda el papel del consultor encargado, aunado al hecho de que, se pueden originar diferencias de opinión, ya que siempre interviene el sentido común al tomar decisiones respecto a alternativas y, el hecho de que las personas permiten con frecuencia que sus decisiones sean influidas por motivos personales, hacen imperativo que el ingeniero considere con especial cuidado este asunto para lograr la aceptación.

Los responsables del método, con experiencia o sin ella, suelen por lo regular, encontrar la impresión errónea de que sus propuestas deben ser aceptadas si son factibles en forma técnica y económicamente hablando, subestimando la necesidad de una presentación completa y efectiva de las mismas. Lo que se debe tomar en cuenta es que, en realidad, deben convencer a los demás de las ventajas y desventajas de sus métodos. Tiene que haber cierta cantidad de compromiso realista con respecto a determinadas características de sus diseños, los cuales, deben planearse cuidadosamente para minimizar términos de no aceptación, tal es el caso y muy importante de tomar en cuenta, el tema relacionado con la resistencia al cambio.

Conviene conocer ahora; cuáles son las fallas y cómo minimizar las dificultades resultantes de la introducción de cambios en la empresa. Muchas propuestas valiosas se rechazan por causas que no se relacionan con su contenido técnico; sin embargo, merece una mayor consideración el porcentaje de propuestas que son aceptadas e instaladas y, que posteriormente demuestran no

ser satisfactorias, no por razones técnicas, sino porque las personas afectadas por los nuevos métodos han opuesto resistencia de tal modo, que las hacen fallar.

Un nuevo sistema puede encontrar no sólo falta de cooperación e indiferencia al instalarse, sino que, además, puede enfrentarse a intentos deliberados para hacerlo fracasar.

Para el conocimiento de las causas básicas de la resistencia al cambio, es útil planear la introducción de cambios para minimizar la resistencia, esto para diagnosticar y remediar las situaciones en donde se ha encontrado resistencia después de introducir cambios, existe un hecho importante, que debe reconocerse al tratar con problemas de resistencia al cambio. Casi todo individuo dentro de una organización tiene motivos personales que están en conflicto con los objetivos globales de la empresa; entre los más importantes de ellos, podemos citar los siguientes:

1. Lograr ascender escalafones dentro de la organización.
2. Obtener el valor de importancia ante los ojos de asociados, superiores, familia y amigos.
3. Conseguir la estima y aceptación por los compañeros de trabajo.
4. Ascender en el plano salarial.
5. Recibir la plena satisfacción por el trabajo realizado.
6. Participar en la toma de decisiones concernientes al bienestar personal.
7. Obtener la verdadera seguridad con respecto al empleo, posición y salario principalmente.

El punto importante, es que una persona tiende a resistir un cambio, no obstante, el hecho de que éste pueda aumentar las ganancias de la compañía, si es que el cambio está en conflicto con los objetivos personales mencionados antes, por lo que cabe hacer las siguientes preguntas:

1. ¿Qué reacción puede esperarse de una persona, si un cambio propuesto disminuye sus oportunidades de ascenso? ¿Disminuye la importancia del trabajador o lo hace impopular entre sus asociados y subordinados? ¿En el trabajador disminuye la oportunidad de ganar más dinero o reduce la satisfacción que obtiene de su trabajo y amenaza la seguridad de su

empleo? ¿Es posible que el trabajador acepte un cambio al que no contribuyó o sobre el cuál no dio su opinión? ¿Es factible que el trabajador apruebe un cambio que le pueda causar vergüenza de parecer negligente o ignorante, debido a que pudo haber pensado en la idea principal, quizá hace mucho tiempo?

Estos no son las únicas preguntas y objetivos buscados, ni tampoco cada individuo tiene todos estos objetivos, ni cada individuo les da la misma importancia. Por otra parte, generalmente, el individuo no está dispuesto a hacer ningún sacrificio en favor de la compañía; por lo tanto, no es realista pensar que todos actúan conforme a los intereses de la compañía que los emplea; a la vez, existe aunque no salte a la vista; una cantidad asombrosa de subordinación dentro de la administración y operación de cualquier empresa.

Existen numerosas causas específicas de la resistencia al cambio, que se originan del casi universal conflicto entre los objetivos personales y los organizacionales.

Para evitar contratiempos; desde el momento en que se inicia un proyecto de diseño de métodos, se debe prestar atención a este problema de la resistencia al cambio y nunca debe aplazarse hasta tener la solución final, pues puede no ser aceptada por las personas indicadas. Tampoco debe el diseñador excluir de su análisis a este tema tan importante durante la realización de su trabajo, esperando hacerlo hasta que haya obtenido la solución que le parezca estratégicamente buena para su aceptación; ya que, para entonces, puede ser demasiado tarde, en vez de esto, debe empezar a preparar el terreno para lograr la aceptación desde el momento en que se inicia el proyecto.

El diseñador debe tomar conciencia y análisis de su conducta, su manera de tratar con el resto del personal, las características de su propuesta, etc., con el objeto de minimizar las posibilidades de un rechazo posterior de sus ideas; por este motivo, al problema de resistencia al cambio debe darse la mayor atención posible, conviniendo una planeación que minimice la posibilidad de que ocurra y, nunca pretendiendo diagnosticar la causa de situaciones desafortunadas, con el

fin de conocer el origen de los rechazos a sus propuestas, esto para saber lo que debe hacerse, rebatirlas y dar soluciones definitivas.

2.6 Registro de una Alternativa

El analista de métodos o encargado del proyecto, debe especificar adecuadamente el método que se seleccione, así como, sus características de ejecución, por medio de la descripción estándar del método complementado con otros medios de comunicación, principalmente aquéllos que puedan usarse como auxiliares de la instrucción. Es responsabilidad del analista vigilar el equipo y el uso del método, cuando se haya seleccionado.

Después de lo anterior, se pasa a la fase de registro, y es aquí, donde se califica y escoge al/los operarios involucrados en el nuevo método, al igual que toda la información adicional, de modo que todas las funciones, tales como; el cómputo de costos o control de la producción estén a la mano.

Para el registro de un método, se tienen que usar formatos especiales, entre estos, la hoja de análisis es el formato más común. La hoja debe establecer, lo siguiente:

1. Las operaciones ya establecidas y el orden según, el cual, deben realizarse.
2. Los medios que sean necesarios para llevar a cabo dichas operaciones (Materiales, mano de obra, herramientas, contenedores, equipo de seguridad etc.
3. La ubicación y estandarización de los medios.
4. Las plantillas y útiles necesarios.
5. Las velocidades y alimentaciones necesarias y que han de utilizarse durante las operaciones.
6. El establecimiento de las cotas de referencia determinadas por los requisitos de precisión, incluyendo todos los calibres e instrumentos de verificación o inspección.

Las hojas de análisis o de registro, deben contener un espacio para un croquis; donde se muestre complementado el plano de detalle del objeto o pieza a

producir, con una vista mostrando esta, en su posición relativa con las demás, cuando esta montada la pieza o terminada.

Este tipo de hoja de análisis ayuda al operario inexperto, en tal caso, a dar una interpretación más rápida de los planos, también suministra una idea de la utilización posterior de la pieza. Esto puede servir para mantener el interés del operario en un trabajo muy reiterado.

No son aconsejables las dimensiones o especificaciones en la hoja de análisis, debido a la posibilidad de que las modificaciones en los planos no se plasmen inmediatamente en las hojas de trabajo. Es mejor identificar puntos determinados mediante notas de referencia, o por letras, que están indicadas en los planos de diseño con las especificaciones. De esta forma se evita la probabilidad de costosos errores.

Para trabajos de montaje muy repetidos, se usan hojas que contienen un detallado análisis de movimientos de cada operación, incluyendo una descripción y disposición de la estación de trabajo, así como, de los movimientos de la mano derecha, de la izquierda y ambas a la vez.

Son las hojas de análisis útiles para el adiestramiento de operarios nuevos con o sin experiencia en la realización de trabajos semiespecializados, e incluso especializados.

Con cualquier tipo de formulario que se use, hay que reconocer que los análisis cuestan dinero y que este costo varía en proporción al detalle requerido. Por esta razón, a menos que se tengan al día, deben evitarse las complicaciones y gastos que originan las hojas de análisis; sin embargo, sin ellas no es posible que se sigan adecuadamente los métodos planeados por el encargado de métodos.

2.6.1 Procedimiento de Registro

Uno de los pasos primeros e indispensables en el trabajo y el más lógico, es el comenzar un análisis y estudio cuidadoso de los planos, las especificaciones y hacer un estudio mental de la pieza o ensamble final, respondiendo las preguntas ya conocidas; ¿cómo?, ¿qué?, ¿por qué?, ¿dónde?, contestadas en el momento; estas preguntas se anotan en la hoja de análisis señalando el orden de sucesión de las operaciones, tal y como se estableció mentalmente. Durante esta

anotación se considera de nuevo el orden de sucesión de operaciones, para asegurarse de que no ha habido omisiones y de que se ha concedido la atención debida a todos los factores.

El procedimiento, es como sigue:

1. Identificar adecuadamente en la hoja de análisis para futuras referencias, lo siguiente:

La hoja debe incluir; designación de la pieza o ensamble, número del plano, número del ejemplar, número de la especificación, material, tamaño de la pieza, ensamble y fecha.

2. Hacer una lista de las operaciones en el orden propuesto.

Cuando se hace esta lista, hay que prestar la debida atención a los requisitos de inspección, ya que, la precisión exigida tiene una relación definida con los métodos utilizados en la realización del trabajo. Durante este paso, es posible eliminar ciertas operaciones, que anteriormente se estimó eran necesarias. La cuantía del transporte de materiales, que se necesita en la serie de operaciones planeadas debe también considerarse en este momento, para poder realizar; cuando sea posible, considerables ahorros mediante una nueva ordenación de las operaciones u otra colocación del equipo.

3. Asignar las máquinas a las distintas operaciones y decidir en qué departamento o área deben realizarse las mismas.
4. Elegidas las máquinas de cada estación de trabajo, hacer una lista de útiles, implementos y calibres necesarios para la producción.

Esta lista debe de indicar la posible necesidad de nuevas utilerías, implementos o plantillas, especialmente, cuando los diseños son especiales o únicos, se hace entonces en el reverso un croquis. Esta información, esta entonces a disposición del encargado de suministrar útiles e implementos para que pueda proyectarlos de acuerdo con los planos del ingeniero, dándoles de este modo, la precisión deseada.

Con el orden de sucesión de las operaciones, las máquinas, el área, los útiles y, demás establecidos, conviene anotar en un formulario las alimentaciones y velocidades. Estas velocidades y alimentaciones, se utilizan para calcular los

suplementos de tiempo de las distintas operaciones, a partir de los datos tipo proporcionados por el departamento de estudio de tiempos.

Además de los tiempos estándar de cada operación, también deben incluirse los tiempos de preparación de máquina, puesto que son parte del costo como el tiempo real de producción.

Puesto que las hojas de análisis se utilizan para determinar la carga de máquinas involucradas, al tiempo de preparación en cuanto a maquinaria debe también considerarse en el estudio, al igual, que la carga de las mismas.

En muchos casos, el orden de sucesión de las operaciones está determinado por la pieza, ya sea debido a su diseño o utilización funcional, a las máquinas disponibles para su fabricación o a los requisitos de inspección, sin embargo, incluso en tales casos, el orden de sucesión de las operaciones no se debe aceptar a ojos cerrados, sino que debe de someterse a revisión, para ver si pueden desarrollarse nuevos o mejores métodos con objeto de conseguir mayor productividad junto a costos reducidos.

La elección del orden de sucesión de las operaciones es limitada, pero debe recordarse que siempre hay lugar para mejoras. Cuando el orden de sucesión de las operaciones no está controlado por los factores anteriormente citados, la persona del proceso debe estar provista de cierta información básica si ha de establecer dicho orden.

Esta información básica tiene que ser, de esta forma:

1. Lista de máquinas disponibles.
2. Lista de útiles e implementos de uso general disponibles.
3. Capacidad del equipo involucrado.
4. Gráfico de carga de máquinas.
5. Disposición y normalización efectiva en áreas de trabajo.
6. Disposición de datos tipo.
7. Terminología normalizada.
8. Presupuesto de la explotación.

CAPÍTULO

3

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

- 3.1 Apertura a los Principios y Factores del Estudio de Movimientos**
- 3.2 Principios del Estudio de Movimientos.**
- 3.3 La Iluminación Como Factor Principal en el Sitio de Trabajo.**
- 3.4 El Color, el Ruido y la Temperatura en el Sitio de Trabajo.**
- 3.5 La Ventilación, la Vibración y la Radiación Como Factores Importantes en el Sitio de Trabajo.**
- 3.6 El Mantenimiento y la Seguridad Como Factores Indispensables Dentro del Área de Trabajo.**

3.1 Apertura a los Principios y Factores del Estudio de Movimientos

Todas las actividades que se realizan en nuestro entorno de trabajo, tienen como base 17 elementos fundamentales, que con el tiempo se han desarrollado tomando un enfoque más científico entre los dedicados a la industria, estableciéndose así; la economía de movimientos. Unos mas tarde se preocuparon por factores no tan directos en producción, pero, que son decisivos en planta y no se deben descuidar, pues implican variaciones en cuanto a productividad y costos para la compañía.

3.1.1 Introducción

El estudio de movimientos tiene su génesis con Frank y Lillian Gilbreth, quienes fueron los pioneros al desarrollar y dividir los 17 elementos o movimientos básicos, con esto y el trabajo de Taylor, la eficiencia había comenzado, mas tarde otros muchos entre los que destacan Barnes, por citar solo uno de los más importantes, se dedicaron al perfeccionamiento de los movimientos básicos de los Gilbreth. La mayor eficiencia, solo se logro mejorando uno a uno cada uno de los movimientos y surge, para esto, la economía de movimientos; esta economía se basa en técnicas ya estandarizadas y bajo estricta investigación, por lo cual, se afirma con suma base que la ciencia se encuentra en el desarrollo de las 17 divisiones básicas. Posteriormente a la economía de movimientos se le sumarán los principios del estudio de movimientos, que se dividen para su mejor comprensión en tres tipos, a su vez, cada uno con sus respectivas reglas técnicas y clases de movimientos, cada uno de estos principios se explican a lo largo del presente capitulo.

En la vida real y en el entorno de la industria, no solo factores como los antes mencionados están implicados y tienen efectos en la labor de cada trabajador, existen factores que no son tan directos, pero representan razones muy cuestionables en cuanto a la productividad de los empleados y de las máquinas involucradas en la manufactura, factores como la Iluminación en el área de trabajo, el ruido, el color, la temperatura, la vibración por el trabajo de las máquinas, la radiación, la ventilación en la planta, el mantenimiento de instalaciones y la seguridad personal de cada uno de los empleados; tienen

efectos relevantes en el desempeño y eficiencia individual, por lo cual, son temas que también se abordan en el desarrollo de este capítulo, no sin antes comenzar con los principios del estudio de movimientos.

3.2 Principios del Estudio de Movimientos

Los principios del estudio de movimientos se dividen en 3 tipos, en este capítulo solo se toman en cuenta los dos primeros: Los principios relacionados con el uso del cuerpo humano y los relacionados con el sitio de trabajo. Los principios del primer tipo nacen y están en función con la anatomía humana, mientras que los principios del segundo tipo; van en función del arreglo en la región del trabajo y los diferentes aditamentos que deben de existir para obtener un alto desempeño del operador, se dan a conocer estos dos tipos a continuación:

3.2.1 Principios Relacionados con el uso del Cuerpo Humano

Este tipo de principios tienen su origen en la estructura humana, y van en función de como el cuerpo del operario puede desarrollar un trabajo determinado, sin alterar su fisiología anatómica en referencia a los movimientos que ejecuta, por ende, estos principios respetando dicha anatomía tienen el único fin de hacer más eficiente y competitivo al trabajador. Estos principios son once con sus correspondientes clasificaciones, las cuales se presentan, a continuación:

1. Las dos manos del operador deben de iniciar y terminar sus movimientos en la operación al mismo tiempo.

Cuando la mano derecha trabaja en su área normal a la derecha del cuerpo y la izquierda de igual forma a la izquierda, el balance tiende a inducir un ritmo en el desempeño del operario que lo lleva a la máxima productividad, la mano izquierda en personas derechas; puede y debe ser tan efectiva como la derecha, y esto es solo cuestión de practica, se sabe que un futbolista, un boxeador, un tenista entre otras muchas profesiones deportivas y otros trabajos; los individuos para ser más eficientes deben tener la misma efectividad, ya sea con las extremidades izquierdas que con las derechas, una mecanógrafa rápida debe tener las mismas habilidades tanto con una mano como con la otra.

En los diseños que corresponden a las estaciones de trabajo, no se deben olvidar los implementos para el trabajo con ambas manos a la vez, en los dispositivos duales que sostienen dos componentes; las dos manos pueden trabajar al mismo tiempo con movimientos simétricos y en direcciones opuestas, en general, el trabajo con ambas manos implica un estudio minucioso y práctico de movimientos, en los cuales, como corolario se enuncia; ninguna de las dos manos puede estar ociosa ni trabajar menos o más una que la otra.

2. Las dos manos del operario no deben estar ociosas durante la operación al mismo tiempo, excepto durante los periodos de descanso.

Este principio es muy claro y fácil de entender al instante de leerlo, tiene sus inicios con Frank Gilbreth y, tiene el exclusivo objetivo de promover al máximo la eficiencia, que por consecuencia en la actualidad, también cae en el plano de la productividad. Las manos de un operador sea cual sea su trabajo, no deben estar ociosas en el instante de realizarlo; por el contrario, utilizando el primer principio y de acuerdo a los tipos de movimientos que puede llegar a ejecutar un ser humano, las manos en el trabajo nunca deben descansar, es mentira que una mano trabaje con el solo hecho de sujetar o sostener la pieza, lo que se conoce comúnmente como trabajo estático, mientras que con la otra mano se ejecuta otra acción.

Las manos del trabajador deben ser hábiles y ayudar a minimizar los movimientos y el tiempo en el trabajo que se está ejecutando; sin embargo, si las contracciones en los músculos de un operador hacen mella cuando la operación es demasiado repetitiva y se encuentra en un ámbito dinámico, se tiene que asignar un trabajo de recuperación basado en ciclos cortos y frecuentes, lo anterior, da como resultado un periodo rápido de recuperación, que después tiende a equilibrarse obteniendo como beneficio; un periodo relativamente más corto en cuanto a regresar nuevamente a iniciar labores.

Con lo anterior, se mantiene un porcentaje más alto de la fuerza máxima ejercida en el trabajo en cuanto a contracciones repetitivas, en lugar de una contracción estática sostenida, aun así, si la persona llegase a la fatiga en un 100 % ; es decir, en todo el cuerpo, la recuperación completa va a necesitar de un tiempo más largo y que puede comprender varias horas.

3. Los movimientos del operario en la estación de trabajo, se deben realizar en direcciones opuestas, simétricas y de forma simultánea.

En el ser humano, es natural que ambas manos se muevan en patrones simétricos diferentes a como se deben hacer estos movimientos, las desviaciones de la simetría por el operario en una estación de trabajo a dos manos; conducen a movimientos incómodos por parte de este, en general, es común observar que muchas personas hacen un movimiento con la mano izquierda para después hacer otro totalmente asimétrico con la mano derecha, la mayoría de las personas tiene la dificultad de realizar operaciones no simétricas, un ejemplo es dibujar un círculo con la mano izquierda y un cuadrado con la derecha.

En una estación de trabajo ideal, idónea y apta para este tipo de movimientos, se le debe capacitar al operario a ensamblar dos productos o hacer una determinada tarea mediante una serie de movimientos simétricos y simultáneos, que deben ser desde el exterior y hacia el centro del cuerpo.

4. Los movimientos de las manos durante el trabajo del operador, deben limitarse a la menor clasificación posible para ejecutar el trabajo de manera eficiente. Las clasificaciones generales de los movimientos se dan, a continuación:

Es vital comprender, estudiar y analizar con detalle las clasificaciones de los movimientos, para usar esta ley correspondiente a la economía de movimientos y llevarla a cabo de forma adecuada, se emplea el estudio de métodos. Se dan a continuación las clasificaciones:

Clase 1. Movimientos que comprenden solo los dedos en la operación.

También llamados movimientos de primera clase, son los más rápidos de los 5 tipos y se reconocen con facilidad, porque se realizan moviendo el o los dedos mientras el resto del brazo permanece inmóvil, los movimientos básicos de los dedos son enroscar una tuerca en un tornillo, presionar las teclas de una máquina de escribir o tomar una parte pequeña para ensamble o sujeción; por lo común, existe una diferencia de vital importancia en el tiempo que se requiere para realizar movimientos de cada uno de los dedos, en su mayoría, el índice se mueve mucho más rápido que los demás.

Es de observar, que los movimientos si son repetitivos por parte de los dedos inducen a la fatiga y a desordenes de tipo óseomuscular, que se relacionan con el trabajo de los propios dedos, para esto, la fuerza de los dedos se debe mantener en un nivel bajo cuando se labora, por lo cual, la estación u área de trabajo tiene que contar con interruptores tipo barra en lugar de tipo disparo y, se debe contar con el diseño de métodos óptimos, que involucren un alto esfuerzo manual con clasificaciones más altas de movimiento.

Clase 2. Movimientos que comprenden; dedos y muñeca en la operación.

Los movimientos de dedos y muñecas, se deben realizar mientras el brazo y antebrazo están inmóviles, estos movimientos se conocen como movimientos de clase dos, en la mayor parte de los casos, estos movimientos consumen más tiempo que los movimientos donde solo se involucra a los dedos. Los movimientos básicos de dedos y muñecas ocurren al colocar una parte en un dispositivo o al momento de realizar un ensamble.

Clase 3. Movimientos que comprenden; dedos, muñeca y antebrazo en la operación.

Los movimientos de dedos, muñecas y parte baja del brazo, se conocen como movimientos del antebrazo o de clase tres, e incluyen aquellos movimientos realizados desde la parte baja del codo cuando la parte superior del brazo no se mueve, como el antebrazo incluye un músculo fuerte, estos movimientos no se consideran eficientes pues no son fatigantes; sin embargo, el trabajo repetitivo con la fuerza de los brazos, si están extendidos induce a la hinchazón que evita; si se presenta, diseñando la estación de trabajo a manera que los codos estén a 90° durante la operación. El tiempo que requiere un operario para hacer movimientos de antebrazo; depende de la distancia recorrida y la resistencia que deba vencer durante el movimiento.

Las estaciones de trabajo óptimas tienen que diseñarse para usar estos movimientos de clase tres, y no los de clase cuatro; es decir, cuando se realizan movimientos de transporte, esto, para minimizar el tiempo de cada ciclo.

Clase 4. Movimientos que comprenden; dedos, muñeca, antebrazo y brazo durante la operación.

Los movimientos de dedos, muñeca, parte baja y alta del brazo, se conocen como movimientos de clase cuatro o de hombro, y quizá se usen más que los de cualquier otra clase, esta clase de movimientos toman mucho más tiempo que los movimientos de las tres clases anteriores, son usados estos movimientos para operaciones de transporte de partes que no es posible alcanzar sin extender el brazo, el tiempo requerido para éstos movimientos depende, en primer lugar, de la distancia y la resistencia del movimiento.

Para reducir la carga estática de estos movimientos y la tensión que se origina en los hombros; deben diseñarse herramientas para que el codo no se eleve al realizar el trabajo: Se emplea en un taller si es el caso; una matraca con dados en lugar de una llave de tuercas, así, él operario alcanza la tuerca o tornillo desde un ángulo bastante cómodo sin tener que levantar el codo.

Clase 5. Movimientos que comprenden; dedos, muñeca, antebrazo, brazo y hombro durante la operación.

Los movimientos de clase cinco; van acompañados con movimientos del cuerpo, que hay que decirlo, son los más ineficientes, los movimientos del cuerpo incluyen; tobillo, rodilla, muslo y el tronco.

Los movimientos de clase 5, se consideran los menos eficientes, así que, siempre es mejor utilizar el movimiento de clasificación menor para realizar un trabajo adecuado, lo que implica un examen cuidadoso de la localización de herramientas y materiales, a manera que puedan incluirse patrones de movimiento ideales.

El tiempo del movimiento aumenta con la dificultad de la operación, pero también aumenta con los niveles más altos de clasificación; es decir, en la óptima posición dentro de una estación de trabajo. Para un operario y, en general, para la mayoría de las personas la pendiente natural del brazo es de: $5.91^\circ \leftrightarrow 354.6 \text{ minutos} \leftrightarrow 0.1031 \text{ rad} \leftrightarrow 105 \text{ mils}$, más pronunciada que para la muñeca: $2.53^\circ \leftrightarrow 151.8 \text{ minutos} \leftrightarrow 0.0441 \text{ rad} \leftrightarrow 45 \text{ mils}$, y a su vez, mayor para el dedo: $1.46^\circ \leftrightarrow 87.6 \text{ minutos} \leftrightarrow 0.0255 \text{ rad} \leftrightarrow 26 \text{ mils}$.

El efecto esta muy a la vista; entre mayor es la pendiente mas lento es el movimiento, y se debe, a la razón del mayor tiempo que requiere el sistema nervioso central para procesar las coyunturas, las unidades motoras y los receptores.

5. El impulso en la estación de trabajo se debe utilizar en todo momento para ayudar al operador, siempre que sea posible, y con el objeto de ser reducido al mínimo para poder contrarrestar el esfuerzo muscular.

Los movimientos curvos en el ámbito laboral, son los idóneos al ejecutar una determinada operación, y no por regla general, lo anterior, es mencionado debido a la anatomía de los seres humanos, estos movimientos dan muchas ventajas cuando se utilizan de forma adecuada, pues, existe al realizarlos un impulso del cual, se puede valer el encargado de métodos para agilizar la labor, ahorrando fuerza cuando se ejecuta un ensamble o trabajo sobre la pieza, no obstante, existen otras técnicas para ayudar al trabajador cuando ejecuta sus labores.

Se debe saber ante todo, que los movimientos rápidos producen fuerzas de momento altas y fuerzas de impacto por igual altas, en el caso de los golpes; si se analiza con cuidado, se observa con detalle; que los movimientos hacia abajo son más efectivos que los movimientos hacia arriba, pues interviene la fuerza de gravedad, para ayudarse de la gravedad; los operarios en sus respectivas estaciones de trabajo deben en el caso de la unidad terminada dejar la pieza en el área de entrega, mientras sus manos están listas y en movimiento para tomar otra pieza y herramienta e iniciar un nuevo ciclo de trabajo, también, la gravedad auxilia al operario a suministrar más fuerza en su trabajo, siempre y cuando, se tenga un método ya establecido para la operación, esto con el objeto de minimizar la fuerza o el impulso, lo anterior depende del tipo de trabajo y de la operación que ejecute el operador.

6. Los movimientos por parte del operador deben ser suaves y continuos si de las manos se trata, y son preferibles a los movimientos en zigzag, y a los movimientos en línea recta, los cuales implican cambios de dirección bruscos y rápidos.

Por la naturaleza y forma de los ligamentos que unen los segmentos del cuerpo humano, es más sencillo para un operador realizar movimientos curvos. En cuanto al trabajo del operario esto es de gran ayuda; es decir, si al efectuar el trabajo, el trabajador pivotea alrededor de una coyuntura mayor es su velocidad en los movimientos. Los movimientos realizados en línea recta tienen una particularidad, pues involucran cambios fuertes y repentinos en su dirección, requieren más tiempo y son menos precisos.

Lo anterior, se demuestra cuando una persona mueve cualquiera de las dos manos tratando de realizar formas rectangulares y después hace lo mismo pero en forma circular con magnitudes aproximadas, lo cual, pone en evidencia al tiempo que lleva cada movimiento. En la practica, se requiere mayor cantidad de tiempo para hacer el cambio de dirección abrupto de 90°, y después hacer otro cambio de dirección, para lograr lo dicho, la mano debe desacelerar, cambiar dirección y acelerar hasta que tiene que desacelerar de nuevo para el siguiente cambio de dirección.

En cuanto a los movimientos curvos y continuos, estos no requieren desaceleración; en consecuencia, se realizan más rápido por unidad de distancia, es de observar, que este principio es altamente eficiente en personas que realizan movimientos de posicionamiento con la mano derecha en varias direcciones y sobre un plano u área horizontal desde un punto central inicial, el movimiento de la parte inferior izquierda a la parte superior derecha, que se manifiesta de manera mas eficiente al pivotear alrededor del codo como punto central requiere alrededor del 20% , menos tiempo que el movimiento perpendicular de la parte inferior derecha a la parte superior izquierda con movimiento adicional incómodo del hombro y el brazo.

7. Si el operador realiza movimientos balísticos en la estación de trabajo, estos son más rápidos, más difíciles y menos precisos que los movimientos restringidos o calculados.

Se denomina movimientos balísticos, a aquellos que se realizan con la mayor velocidad posible y, conlleva la acción y trabajo de los músculos agonistas y antagonistas de las extremidades con que se trabaje, esto siempre ocurre a través de reflejos en la columna, minimizando conflictos innecesarios entre músculos, así como gasto excesivo de energía, en general, un movimiento voluntario, del tipo burdo y corto por parte de las extremidades superiores de menos de 200 *mils* \leftrightarrow 11.25°, da como origen un movimiento restringido, aquí se activa el agonista y se inhibe el antagonista; lo que se llama comúnmente; inhibición recíproca. La inhibición mencionada funciona al reducir la contracción de músculos contraproducente por la acción cuando trabajan recíprocamente.

En los movimientos precisos o calculados, llamados así por lo suave y precisos en su ejecución de principio a fin, ya sea estos movimientos de manos o piernas; se usa un control de retroalimentación de ambos conjuntos de músculos, el único inconveniente, es el aumento en el tiempo del movimiento, y dan como resultado un intercambio en cuanto a velocidad y exactitud. Siendo los movimientos precisos o calculados, los de mayor exactitud.

8. El ritmo en el operario, es primordial para la ejecución uniforme y automática de una operación, y debe diseñarse la estación óptima y el trabajo que permitan un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.

Los reflejos que dan origen a los movimientos, se originan como ya se mencionó en la columna, estos reflejos excitan o inhiben músculos, también llevan a ritmos naturales en el movimiento de los segmentos del cuerpo, que se comparan y dan origen a un sistema de verdadero soporte y amortiguamiento en el cuerpo.

Los segmentos del cuerpo, en este caso proporcionan la masa, el músculo; la resistencia y amortiguamiento internos, y la frecuencia natural del sistema depende de tres parámetros, para esto, la masa del segmento tiene el mayor efecto, esta frecuencia natural es esencial para el desempeño suave y

automático de una operación, lo más importante de este principio, es el tiempo de inicio y termino del trabajo a realizar, pues, con un buen ritmo en el cuerpo, sin acarreo de prisas y bien controlado, se ahorra en demasía; tiempo, esfuerzo y como consecuencia, se obtiene mejor calidad en el trabajo del operario.

9. El trabajo del operador con manos y pies al mismo tiempo durante la operación.

La mayor parte de los ciclos de trabajo y el trabajo en general, se realiza con las manos, así, es bueno relevarlas del trabajo y los pies son los que entran en acción, pero sólo; si este trabajo se hace mientras las manos están ocupadas, dado que las manos son más hábiles que los pies, no es inteligente hacer que los pies trabajen mientras las manos están desocupadas.

Es necesario que para el trabajo de pies y manos al mismo tiempo, se utilicen dispositivos especiales, tales como; pedales que permiten sujeciones, expulsiones o alimentaciones, y así, se permite liberar a las manos para otros trabajos de más utilidad y cuidado, en consecuencia, se disminuye el tiempo de cada ciclo del trabajo. Cuando las manos se mueven, los pies no deben de hacerlo, ya que es difícil el movimiento simultáneo de manos y pies, para contrarrestar lo anterior y obtener más eficiencia, los pies deben estar aplicando presión sobre un pedal, por citar un ejemplo, además, el operario debe estar sentado en todo momento, pues, no se recomienda operar un pedal de pie y aguantar todo el peso del cuerpo en el otro pie.

10. La exclusión en la operación de movimientos precisos, o de control fino después de un trabajo pesado por parte del operador.

Este principio corresponde a los principios relacionados con las capacidades humanas y va en función de la ergonomía, sin embargo, tiene mucho en común con los principios relacionados con el cuerpo humano.

Así, las unidades motoras pequeñas y musculares que se encuentran principalmente en las extremidades; tienden a usarse en forma continua durante el movimiento normal y, aunque son más resistentes a la fatiga que las unidades motoras grandes, estas también se inhabilitan.

Lo anterior ocurre; cuando los operarios cargan sus estaciones de trabajo antes de su turno o reabastecen durante el mismo, el hecho de levantar contenedores con partes pesadas requiere seleccionar unidades motoras pequeñas, de igual forma sucede con las grandes para generar las fuerzas musculares necesarias durante el levantamiento y reabastecimiento, las unidades motoras se fatigan y se seleccionan otras para compensar.

Cuando el operario termina de reabastecer, en este caso, los contenedores y regresa al trabajo preciso de ensamble, algunas unidades motoras que incluyen las de precisión; es decir, las unidades motoras pequeñas, no están disponibles, por otro lado, las unidades motoras grandes seleccionadas para sustituir a las fatigadas proporcionan incrementos de fuerza mayores y un control motor menos preciso. Después de varios minutos, las unidades motoras se recuperan y están disponibles, mientras tanto, se sacrifica la calidad y velocidad del trabajo de ensamble, una solución; es asignar a trabajadores menos calificados al abastecimiento y reabastecimiento de las estaciones de trabajo y máquinas.

11. Decremento de la vista por parte del operador cuando esta es fija durante la operación.

El mantener la vista fija y el movimiento de los ojos no se puede eliminar en la mayor parte de los trabajos, debe optimizarse entonces la localización de la meta visual principal respecto al operario tomando en cuenta el siguiente principio: La línea normal de la vista está cerca de los 15° , abajo del plano horizontal, y el campo visual primario se define como un cono de aproximadamente 15° , en un arco centrado en la línea de la vista; la consecuencia, es que dentro de esta área, se necesita un mínimo de movimientos de los ojos y la fatiga del ojo se minimiza, por lo cual, el operador debe tener en su estación de trabajo todo listo y a su menor esfuerzo; el alcance de sus implementos de labor, esto, con el fin de no producir fatiga a nivel ocular y mal desempeño en sus ciclos de trabajo.

3.2.2 Principios Relacionados con el Arreglo del Sitio de Trabajo

Dentro del estudio de movimientos, el sitio de trabajo que debe tener un operador para llevar a cabo las funciones que se le asignen, es un tema a

considerar muy detalladamente; si un operador no cuenta con los implementos necesarios para su labor, poco es el desempeño del mismo; así como, la mala calidad del producto terminado. En estos principios se abordan reglas e implementos externos ordenados a la estación de trabajo y, que son de gran valía para la calidad óptima y el máximo desempeño en cuanto a eficiencia se refiere; se enlistan los principios antes mencionados, a continuación:

1. En la estación de trabajo, debe existir un sitio determinado para todas las herramientas y todos los materiales al momento de inicio y/o durante la operación.

Para hacer valer este principio, se hace mención a la siguiente analogía: De ante mano se sabe, que la mayoría de personas cuya experiencia en el manejo de autos y en general de aviones, tractocamiones, grúas de carga entre otros, han estado en contacto continuo con estos aparatos por un largo periodo de tiempo, y están familiarizados con el poco tiempo que se requiere al aplicar el pedal de frenado, el pedal de un embrague, un acelerador, palancas etc. Esto es lógico, pues, todos los implementos de estas unidades tienen una posición fija y no se necesita tiempo para decidir dónde se localiza, el cuerpo responde de manera instintiva y aplica presión o movimiento de acuerdo al área en la que la persona trabaja.

En el caso de la manufactura, un operario debe saber donde se encuentran las herramientas, la materia prima para el ensamble y demás implementos, si la localización varia, se necesita mucho más tiempo del requerido y se sacrifica la agilidad al ejecutar la operación, por lo cual, es necesario proporcionar localizaciones fijas a todas las herramientas y materiales en la estación de trabajo, esto elimina las dudas para buscar, seleccionar los implementos necesarios, y así continuar la realización de la operación.

La relevancia de este principio, va dirigida hacia los therbligs efectivos como lo son; buscar y seleccionar, que se presentan, en el siguiente capítulo.

2. En la estación de trabajo, las herramientas, los materiales, controles y demás implementos necesarios en la operación, deben estar cerca y directamente enfrente del operador haciendo valer su eficiencia respecto a su funcionalidad.

En una estación de trabajo óptima, donde el operador desempeña su labor, la cual debe ser de manera muy eficaz, depende de muchas características tanto humanas como de otro tipo; es decir, la utilización de fuerza, alcance, estar siempre alerta en todo momento, pero sobre todo; los sentidos del operador, son indispensables al ejecutar el trabajo asignado: Cargas, repetición, orientación etc. Es evidente que no todos los factores pueden ser optimizados y, el analista de métodos debe establecer prioridades al hacer las modificaciones en cuanto a distribución dentro del área de trabajo, sin embargo, hay que dar valor a ciertos principios básicos.

Lo principal; debe considerarse la localización general de componentes respecto a otros componentes mediante los principios de importancia y frecuencia de uso, esto lo determinan las metas u objetivos globales y significa; que los componentes usados más a menudo deben colocarse en los sitios más convenientes; dado lo anterior, un botón de paro de emergencia siempre tiene que estar en una posición visible, al alcance conveniente, de igual manera, un botón de activación que se usa con frecuencia, o los sujetadores que más se usen deben quedar al alcance del operario, en el diseño de la estación de trabajo, se debe determinar la localización exacta para un grupo de componentes; es decir, las partes usadas con más frecuencia en un ensamble.

En todo momento, hay que tomar en cuenta el principio de funcionalidad de uso; la funcionalidad se refiere al agrupamiento de componentes según la similitud de su función, así, todos los sujetadores en un área, todos los empaques y componentes de hule en otra área y de esta manera sucesivamente. El acomodo óptimo, de todos los aspectos antes mencionados da como resultado el mejor desempeño en los ciclos de trabajo del operador y, en consecuencia, una mayor calidad.

3. En la estación de trabajo, las entregas por gravedad deben usarse siempre que sea posible, de igual manera, tal uso; se tiene que extender para entregar el material cerca del punto de la operación.

Si se usan dispositivos por gravedad en una estación de trabajo, los componentes pueden traerse de manera continua al área de labor, lo que elimina alcances largos para traer los suministros, de igual forma, las canaletas por gravedad permiten enviar las partes terminadas dentro del área normal y eliminar la necesidad de movimientos lejanos.

Las canaletas por gravedad hacen posible un área de trabajo limpia, estas agilizan que el material una vez terminado se mande fuera, en lugar de amontonarlo alrededor de la estación y la respectiva superficie del operario.

Un contenedor elevado respecto a la superficie de trabajo, a manera de que la mano pueda deslizar el material y dejarlo en el sitio exacto donde el operario puede realizar mejor su trabajo; disminuye entre 10 y 15% , del tiempo requerido al realizar el ciclo.

El tiempo requerido para realizar los therbligs de transporte: Alcanzar y mover, es directamente proporcional a la distancia que deben recorrer las manos al llevarlos a cabo, en tal caso, este principio, es de los más importantes en relación y con respecto al sitio de trabajo.

4. En las estaciones de trabajo, los materiales, herramientas y todos los implementos involucrados, deben ubicarse de manera que permitan la mejor secuencia de movimientos por parte del operador.

Cuando muchos productos se ensamblan en una secuencia estricta ciclo tras ciclo, es muy importante colocar las componentes o subensambles en el orden establecido, esta acción tiene un gran efecto en la reducción de movimientos innecesarios. Un diseñador de métodos, también, debe considerar el uso de la planeación sistemática en cuanto a la distribución u otros tipos técnicos de diagramas o distribuciones adyacentes, esto, con el único fin de desarrollar una comparación cuantitativa o relativa de las distintas distribuciones de componentes en la superficie de trabajo. Las relaciones entre componentes, se pueden modificar a partir de los datos tradicionales sobre el flujo de un área a otra, y

deben incluir ciertos alcances; tales como, movimientos del ojo, los enlaces de sonido o de comunicación, la utilización de señales y los movimientos por tacto y de control.

El valor de la secuencia referente a su uso en el diseño de trabajo, da como resultado estaciones de trabajo demasiado rentables, de calidad y bien diseñadas, lo anterior; queda asentado en la lista de verificación y examen de la estación de trabajo. Para el analista, es de gran aprecio y utilidad la lista de verificación para evaluar las estaciones existentes, pues sirve como base al querer implantar nuevas estaciones de trabajo.

5. La altura del sitio de trabajo debe arreglarse, de preferencia, para que el operario pueda alternar el sentarse o pararse durante el trabajo con la mayor facilidad.

El analista, debe tomar muy en cuenta la altura de la superficie de trabajo donde el trabajador se encuentra sentado o parado de acuerdo a sus respectivas actividades, por tal motivo, hay que determinar dicha altura tomando muy en cuenta la postura mas cómoda para el operario; esto quiere decir, que existen puntos de importancia que no se deben omitir, por el contrario, hay que detallar y pulir al máximo, la postura mas cómoda para el operario; se enuncia a partir de la posición natural los antebrazos que tienden a estar hacia abajo, para lo cual, los codos deben estar flexionados a 90° , de manera que el brazo este paralelo al suelo.

Si la regla ya mencionada se aplica a la estación de trabajo, se observa con facilidad, que la altura del codo se convierte en la altura adecuada en la operación a realizar sobre la superficie de trabajo, sí ésta es demasiado alta; los antebrazos a determinado tiempo tendrán a encogerse causando fatiga en los hombros, si es demasiado baja; el cuello o la espalda se doblan y ocasionan fatiga principalmente en la espalda, desde luego hay excepciones al respecto.

Si un trabajador trabaja en el ensamble de partes pesadas empleando un levantamiento de estas, es de mucho mas provecho y por regla, que se encuentre la superficie de trabajo a una altura aproximada de 0.2 m (7.9 in), debajo de la altura normal, todo con el fin de sacar el mayor provecho de los músculos más

fuertes del tronco, si se trata de un ensamble de sumo cuidado, un ensamble fino o de partes muy delicadas y, que incluyen detalles visuales pequeños, es mejor elevar la superficie de trabajo arriba la altura normal recomendada 0.2 m (7.9 in), esto, para acercar los detalles a la línea de visión óptima de 15° .

Otra alternativa, es el poder inclinar la superficie alrededor de 15° , de esta manera ambos principios están compensados; sin embargo, en el trabajo con partes de formas redondeadas, estas tienen a rodar fuera de la estación de trabajo. Este principio, también se aplica a los empleados en cuya estación tienen que trabajar sentados y realizan gran parte de las tareas como escribir o hacer ensambles ligeros, en general, todo el trabajo se ejecuta mejor a la altura del codo en descanso y a 90° . En las estaciones para trabajar sentado, se debe adicionar a la silla un descanso enfocado hacia los pies y que sea ajustable.

El operario, una vez que está sentado cómodamente con ambos pies en el suelo, la superficie de trabajo se debe posicionar a la altura adecuada del codo haciendo con esto un buen ajuste a la operación, también, la estación de trabajo debe ser ajustable; sin embargo, cuando los operarios son de estatura baja y cuyos pies no alcanzan el suelo una vez ajustado el asiento, se utiliza un pequeño descanso debajo de los pies para así proporcionar un soporte apropiado, de lo contrario, la fatiga hace acto de presencia en la operación.

6. La postura del operador es muy importante en la operación, y debe proporcionarse a cada operador; una silla del tipo y altura adecuada que permita la buena postura.

El hecho de que un operador trabaje en la postura sentado, no es algo que deba tomarse a la ligera, dicha postura es importante ya que reduce el estrés en el operador, pero sobre todo en los pies de este, la comodidad en el asiento de cada persona es única y al principio difícil su análisis, ya que existen reglas estrictas en las que un operario llegue a encontrar una buena postura al sentarse, todavía más, pocas sillas son las óptimas y de igual manera satisfacen la comodidad de muchas de las posibles posturas al sentarse, se debe, para esto; tomar en cuenta principios de importancia.

Cuando una persona se encuentra de pie y bien erguida, la presión a la altura lumbar de la de la columna vertebral; es decir, la parte baja de la espalda se curva hacia adentro, y en los seres humanos es lo más normal o natural; esta curvatura se conoce como lordosis, pero, que sucede al momento de que un operario toma asiento; la pelvis gira hacia atrás aplanando la curva lordótica y aumenta la presión en los discos de la columna vertebral, lo anterior, es de resaltar, y se debe proporcionar un soporte lumbar en forma de una protuberancia sobre el respaldo de la silla o utilizar un cojín colocado a la altura del cinturón.

Otra forma para evitar que se aplane la curva lordótica, es reducir la rotación de la pelvis manteniendo un ángulo amplio entre el torso y los muslos, esto se puede lograr, si se utiliza un asiento inclinado hacia adelante con el pecho del operario en el respaldo y con las rodillas hacia delante; lo anterior, es la forma en que se mantienen los astronautas en un ambiente sin gravedad, la única desventaja de esta postura y el tipo de asiento, es que se aplica un peso adicional en las rodillas, en tal caso, se agrega un tope al asiento inclinado en la parte delantera. Si se agrega un tope al asiento como se mencionó de tipo y forma de una silla de montar es mejor aun, pues, este tipo de asientos elimina por completo los soportes de rodillas al igual que proporciona el soporte a la espalda.

Otro punto muy importante, es reducir presión sobre los discos misma que puede aumentar de manera considerable cuando el operador dobla el tronco hacia delante. Si se reclina el respaldo; se crea un efecto importante en la reducción de presión en los discos, no obstante, existe el infortunio, pues, cuando el ángulo aumenta al reclinarse el respaldo, es más difícil ver hacia abajo y realizar el trabajo.

Otro factor a considerar, es el de proporcionar un ajuste en los parámetros del asiento, dentro de los cuales; la altura del asiento es el de más cuidado, lo principal, es determinar dicha altura con base a la altura poplíteal del operario, pues, un asiento demasiado alto comprime de manera considerable la parte baja de los muslos, disminuye el ángulo del tronco e incrementa la presión en los discos de la columna, dando como consecuencia incomodidad y fatiga, se recomiendan coderas para dar apoyo a los hombros, brazos e implementos de

descanso para los pies, en el caso de individuos de menor estatura; el uso de ruedas o carretillas ayudan mucho si se trata de movimiento, al igual que facilitan la entrada y salida de la estación de trabajo; sin embargo, y de acuerdo a las diferentes circunstancias, es mejor una silla estacionaria.

En cuanto a la constitución de la silla, esta debe tener ciertas características; debe tener un contorno suave, así como acojinado y cubierto de una tela que deje pasar el aire que proviene de la humedad por el sudor, un asiento con un cojín demasiado suave restringe la postura y puede restringir la circulación en las piernas, por lo que siempre se debe de hacer hincapié en cuanto a tomar medidas a la mejor postura al sentarse.

La estación de trabajo debe contar con la capacidad de ajuste en cuanto a la altura, a manera que sea posible trabajar en la forma mas eficiente, ya sea de pie o sentado, el cuerpo humano no está diseñado para estar sentado durante largos periodos, ya que los discos entre las vértebras no tienen irrigación sanguínea autónoma, y dependen de los cambios de presión que resultan del movimiento para recibir nutrientes y eliminar desperdicios, si se es muy rígido en la postura, también se reduce el flujo de sangre hacia los músculos y se llega a la fatiga adjuntando con esto a los calambres.

Aun con lo anterior, se puede encontrar otra alternativa al sentarse, pues existen bancos especiales para poder sentarse y pararse según sea el caso, y así, el operario pueda cambiar de postura con facilidad, existen dos características esenciales para este tipo de bancos, pues, ya se cuentan bancos con un dispositivo de ajuste en el caso de la altura y una base de apoyo ancha para evitar posibles caídas, por lo regular, con la suficiente altura donde los pies pueden descansar y hacer al mismo tiempo un contrapeso.

Para el caso en el que el operador este de pie por periodos prolongados de tiempo y en un piso firme como una base de cemento, se deben proporcionar a los mismos tapetes elásticos, que en su momento eliminan la fatiga y permiten pequeñas contracciones en los músculos de las piernas, lo que obliga a la sangre a moverse y evitar que se acumule en las extremidades interiores.

7. En todo momento el analista, debe de alcanzar las condiciones adecuadas de visibilidad e iluminación en la operación, al igual, que otros factores tales como: El ruido, la temperatura, la seguridad y demás implicados, pues, son requisitos indispensables para un mejor desempeño del operario, dado lo cual, se abordan como temas muy independientes en este capítulo.

Dentro de una planta dedicada a la manufactura, las condiciones laborales al desempeñar el trabajo son mucho de tomar en cuenta; a continuación, se presentan los factores más importantes y que son determinantes para una buena productividad y eficiencia.

3.3 La Iluminación Como Factor Principal en el Sitio de Trabajo

En una estación de trabajo y en la planta en general, el factor Iluminación juega el papel mas importante para la firma, pues, si un trabajador no ve con claridad el trabajo que hace en cada operación, no hay eficiencia, mucho menos calidad en sus acciones y lo que se produce, por lo que, es indispensable dar luz tanto como color a los implementos y materia prima con los que un operador trabaja, este es el principal objetivo del tema y todo lo que implica. Las implicaciones teóricas en lo referente a la iluminación y las respectivas fórmulas se dan a conocer en los siguientes renglones.

3.3.1 La Iluminación, sus Propiedades y Efectos en el Entorno Laboral

Para un encargado de planta o analista, la medición de la iluminación se relaciona con diferentes términos y unidades, si se aplica el principio a una fuente puntual de luz; es decir, un foco, una vela entre otras muchas fuentes. Y si la intensidad de la fuente de luz aumenta en función a su flujo luminoso, que se transmite a las áreas circundantes ocasionando que estas áreas o superficies brillen aun más, se dice entonces que la medida en cuanto a eficiencia luminosa es alta. Si la iluminación se centra en la densidad del flujo luminoso sobre una superficie u objeto, se desprende la siguiente ecuación:

$$E = \frac{F}{A} \text{ ----- } | -1$$

Donde: $E = A$ la iluminación o cantidad de luz que llega a un objeto, superficie o sección y de forma esférica. Si A , se expresa en m^2 , las unidades resultantes son los lúmenes sobre metro cuadrado o lux (lx). Si A , se expresa en ft^2 , la unidad que resulta es el lumen sobre pie cuadrado, también conocido como *bujia - ft*. $F = A$ el flujo luminoso o potencia radial emitida por la fuente de luz, teniendo en su emisión, la capacidad de afectar de alguna manera el sentido de la vista, su unidad de medida es el lumen. Y $A = A$ el área del objeto o superficie a donde llega la luz emitida por la fuente y se expresa en m^2 o ft^2 .

El flujo luminoso es difícil de determinar en las fuentes de luz más comunes, por lo tanto, la ecuación (I-1), solo se aplica cuando el área de la superficie u objeto es conocida, por lo cual, la iluminación E , también y para mayor comprensión, se calcula en función de la intensidad luminosa (I), se desprende entonces, la siguiente fórmula:

$$E = \frac{I}{d^2} \text{----- I-2}$$

Donde $E =$ Es la iluminación teniendo como unidad de medida el lumen sobre metro cuadrado (lux), si d , se expresa en metros. Si d , se expresa en lúmenes sobre pie cuadrado se le denomina candela (cd), también conocida esta unidad de medida como fc . $I = A$ la intensidad luminosa emitida por una fuente de luz o flujo luminoso emitido por unidad de ángulo, su unidad de medida es el lumen. Y $d = A$ la distancia que existe desde la fuente hasta el objeto o superficie ya iluminados, las unidades de medida son el metro o el pie.

Se afirma entonces, que todo tipo de luz emana de manera esférica en todas las direcciones desde la fuente donde se origina, y la cantidad de luz que llega a una superficie, objeto o sección de forma esférica, se conoce como iluminación o iluminancia, esto según las unidades que se presenten lx o fc , así, la cantidad de iluminación que llega a la superficie del objeto disminuye según el cuadrado de la distancia (d), dada en metros (m), o pies (ft); entonces, $d = ft =$ pies, y $d = m =$ metros, respectivamente de la fuente a la superficie.

La luminancia.

Una vez llegada la luz a la superficie determinada del objeto en cuestión, parte de esta se absorbe, parte se refleja y por consecuencia se transmite, este fenómeno permite a los operarios ver el objeto y les proporciona a su vez una percepción de brillantes, la cantidad reflejada en el objeto se llama luminancia. Se da, la siguiente ecuación:

$$L = ER \text{ ----- |3}$$

Donde: L = A la luminancia o cantidad de luz reflejada por la superficie y hacia el exterior su unidad de medida es el *ft – Lambert* (fL). R = A la propiedad de reflexión de la superficie conocida como coeficiente de reflexión o reflectancia.

La reflexión o reflectancia.

La reflectancia o reflexión, es un resultado sin unidades que va de 0-100 % . Un determinado material, color o papel de alta calidad puede alcanzar una reflectancia del 90 % , o más. Se presenta la fórmula siguiente.

$$R = \frac{L}{E} \text{ -----|4}$$

La reflectancia como se observa, es la razón entre la luminancia (L), de la superficie del objeto y la luminancia o iluminación ya conocida de una superficie. Para comprender mejor este fenómeno, se puede hacer en laboratorio una prueba: Una tarjeta neutral con reflectancia $R=0.9$, si se coloca en una posición sobre la superficie del objeto produce un efecto de consideración sobre este, entonces y dadas estas condiciones, la reflectancia del objeto es:

$$R = \frac{0.9(L_{objeto})}{L_{estandar}} \text{ ----- |4}$$

La tabla (3-1), da a conocer la reflexión o reflectancia (R), de determinados colores. Siguiendo página.

Color o acabado	Porcentaje de luz reflejada	Color o acabado	Porcentaje de luz reflejada
Blanco	85	Azul medio	35
Crema claro	75	Gris oscuro	30
Gris claro	75	Rujo oscuro	13
Amarillo claro	75	Café oscuro	10
Madera claro	70	Azul oscuro	8
Verde claro	65	Verde oscuro	7
Azul claro	55	Arce o maple	42
Amarillo medio	65	Madera satinada	34
Madera medio	63	Nogal	16
Gris medio	55	Caoba	12
Verde medio	52		

Tabla 3-1¹ Reflectancia en acabados con colores específicos.

La visibilidad.

Un factor que no debe ser menospreciado es la visibilidad, que también es parte de la iluminación, y se define como la claridad con la que las personas ven algo, los tres factores críticos de visibilidad son: Ángulo visual (θ_v), el contraste (C), y el más importante; la Iluminación o Iluminancia (E). Para el ángulo visual (θ_v), la ecuación que le representa, es la siguiente:

$$\theta_v = \frac{h}{d} \text{ ----- I-5}$$

Donde: θ_v = Es el ángulo subtendido al nivel de los ojos por el objeto, que se expresa bajo las unidades de radianes y es equivalente a grados o minutos. h = A la altura del objeto expresado en unidades de metros, pies u otras unidades equivalentes y, d = A la distancia del objeto a los ojos del operador y de igual forma; se expresa en metros pies u otras unidades equivalentes.

En el caso en el que un operador trabaje con superficies esféricas, la fórmula del ángulo de visión, se presenta de la siguiente manera:

¹ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 235, D. F. México, 2006.

$$\theta_v = \frac{A}{d^2} \text{----- I-6}$$

Donde: θ_v = Al ángulo subtendido a nivel de los ojos, pero expresado estereorradianes (sr) y, A = Al área de la superficie, que este caso es esférica y se presenta en metros, pies u otras unidades equivalentes.

Cuando un operador trabaja con objetos pequeños y el trabajo es demasiado fino y delicado, se representa el ángulo subtendido mediante, la siguiente fórmula:

$$\theta_v = 3438 \frac{h}{d} \text{----- I-7}$$

Donde: θ_v = Al ángulo subtendido a nivel de los ojos y expresado bajo las unidades de minutos.

El contraste.

Se define al contraste como la diferencia de la luminancia (L), entre un objeto visual y su fondo. Para el contraste la fórmula más común, es la siguiente:

$$C = \frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{L_{m\acute{a}x}} \text{----- I-8}$$

Donde: C = Al contraste del objeto expresado en forma adimensional.

Se afirma entonces que el contraste C , se relaciona con la diferencia entre la luminancia máxima y mínima del objeto y su fondo. Otros factores menos importantes en cuanto a la iluminación en el entorno laboral son: Tiempo de exposición, movimiento del objeto, edad, localización y capacitación, todo anterior le concierne principalmente al operario.

El reflejo.

Se denomina reflejo el brillo excesivo que se hace presente en el campo de visión, este brillo se debe a luz excesiva se disipa en la cornea, los anteojos e incluso en los lentes de contacto tendiendo a disminuir la visibilidad en el operador, por lo cual y en algunos casos, se requiere de tiempo adicional para que los ojos se adapten cuando pasan de lugares iluminados a oscuros, además,

existe un fenómeno a nivel ocular; los ojos siempre tienden a dirigirse a la fuente de luz más brillante (fenómeno llamado fototropismo). El reflejo puede ser directo, si lo causan fuentes de luz que se encuentran dentro del campo visual, o bien indirecto si alguna superficie en el campo de visión refleja la luz.

El reflejo directo se reduce eficazmente, si se colocan luminarias de menor intensidad con pantallas o difusores en las mismas luminarias, y se añade además de lo anterior, una modificación a la superficie de trabajo, de tal modo que sea perpendicular a la fuente de luz, con esto, el aumento de la luz total sobre el área disminuye evitando así el contraste.

También, es posible reducir el reflejo de alguna superficie con el uso de superficies que no brillan como las de color mate, al igual que con una orientación diferente de la superficie de trabajo, además, de las modificaciones recomendadas para el reflejo directo, también son de gran utilidad los filtros polarizados en la fuente de luz y se pueden incorporar como parte del equipo de anteojos que usan los operarios.

Un problema en especial, es el fenómeno llamado estroboscopia, causado por las reflexiones de partes que se mueven o por la misma maquinaria, aquí, es importante evitar las superficies pulidas tipo espejo. La calidad tipo espejo de las pantallas de vidrio en los monitores de computadora, es un problema en áreas de oficina y se soluciona reposicionando el monitor o usando pantallas con filtro, en lo común, la mayoría de los trabajos requieren luz suplementaria en la labor según el tipo de trabajo, se puede y es permisible proporcionar luz extra de formas variadas.

Aplicaciones de la iluminación o iluminancia.

La teoría con respecto a la iluminación, como ya se mencionó, es bastante compleja, dado lo cual y, para obtener el mejor de los diseños respecto al tema, las investigaciones que datan desde 1959, pero principalmente las realizadas por el IESNA (*Illuminating Engineering Society North America* – Sociedad de Ingeniería en Iluminación de América del Norte), en 1995, esta institución adoptó un enfoque demasiado sencillo para determinar los niveles mínimos y máximos de

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

iluminación. Tablas 3-2, 3-3 y 3-4, para los niveles óptimos de iluminación o iluminancia.

Categoría	Iluminación (<i>lux</i>)	Iluminancia (<i>fc</i>)	Actividad del Operario	Referencia
A	20-30-50	2-3-5	Si se encuentra en áreas publicas con oscuridad en los alrededores.	Luz general en toda el área.
B	50-70, 50-100	5-7, 5-10	Al tratar de orientarse de manera sencilla, con vistas cortas y temporales.	
C	100-150-200	10-15-20	Operaciones en espacios donde se realizan inspecciones visuales.	

Tabla 3-2 Las categorías A-C, para los niveles de iluminación o iluminancia.

Categoría	Iluminación (<i>lux</i>)	Iluminancia (<i>fc</i>)	Actividad del Operario	Referencia
D	200 300 500	20 30 50	Operaciones visuales de gran tamaño o contraste; lectura de impresos a máquina o PC's, escritos, trabajo manual con máquinas, inspección normal, ensamble grueso.	Iluminación sobre la operación.
E	500 750 1000	50 75 100	Operaciones visuales pequeñas; lectura de escritos, impresos con defectos, trabajo medio manual o con máquinas, inspección difícil, ensamble medio.	
F	1000 1500 2000	100 150 200	Operaciones visuales de tamaño muy pequeño; lectura de escritos a mano con lápiz duro en papel de mala calidad, material de reproducción muy malo, inspección difícil.	

Tabla 3-3 Las categorías D-F, para los niveles de iluminación o iluminancia.

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

Categoría	Iluminación (lux)	Iluminancia (fc)	Actividad del Operario	Referencia
G	2000 3000 5000	200 300 500	Operaciones visuales de bajo contraste o tamaño muy pequeño y por largos periodos; es decir, ensambles finos, inspección muy difícil, trabajo manual con maquinas muy fino, ensamble extrafino.	Iluminación sobre la operación, con una combinación de luz general y suplementaria local.
H	5000 8000 10000	500 750 1000	Operaciones visuales exactas y por largos periodos, inspección más difícil, trabajo manual y con maquinas extrafino, ensamble extrafino.	
I	10000 15000 20000	1000-1500- 2000	Operaciones visuales muy especiales de contraste en extremo bajo y de tamaño muy pequeño; es decir, procedimientos quirúrgicos entre otros.	

Tabla 3-4 Las últimas 3 categorías (E-I), para los niveles de iluminación o iluminancia.

El procedimiento recomendado por IESNA, para encontrar los niveles óptimos de iluminación, ya conocidas las categorías en tablas, es como sigue:

- a) Se identifica el tipo de actividad a realizar y se clasifica en una de las nueve categorías, se observa con suma claridad que las categorías A y B, no involucran operaciones visuales específicas y para cada categoría posterior existe un intervalo de iluminación baja, media y alta.
- b) Se selecciona el valor idóneo resultante del cálculo de un factor de ponderación que va de; -1, 0, y +1, basado este en las tres características de la operación. Los valores encontrados como factores de ponderación se suman y se obtiene el factor de ponderación total, la tabla 3-5, es la guía para encontrar el valor de ponderación total ya descrito.

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

- c) Si la suma total de los dos o tres factores de ponderación es; -2, o -3, se usa el valor bajo de las tres iluminaciones descritas; si es de: -1, 0, o +1, se usa el valor medio, y si es de: +2 o +3, se usa el valor más alto.

Características	Primer factor	Segundo factor	Tercer factor
	-1	0	+1
Edad del operador.	$E < 40$	$40 \geq E \leq 55$	$55 \geq E \geq 55$
Reflectancia en la operación.	$R > 70 \%$	$30\% \leq E \leq 70 \%$	$R < 30 \%$
Velocidad/exactitud en la operación: Para categorías D-I.	Sin importancia	Importante	Estado crítico

Tabla 3-5 Factores y características para el cálculo de la Iluminación en planta.

Es de distinguir que las categorías A, B y C, no involucran operaciones visuales, dado este caso, no se usa la característica de velocidad/exactitud en ellas, así, las superficies de toda el área, se usan como lugar del fondo para la labor del operario.

Los diferentes móviles de Luz.

Después de determinar los requerimientos de iluminación para el área de trabajo mediante un minucioso estudio, los analistas seleccionan los móviles o fuentes adecuadas de luz artificial, dos parámetros importantes relacionados con la selección de luz artificial son: La eficiencia o luz producida por unidad de energía; es decir, los *Lumen–Watt*, y el rendimiento de color.

La eficiencia, es en particular importante, pues, se relaciona con el costo. Los móviles de luz eficientes reducen el consumo de energía.

El rendimiento de color, se relaciona con la cercanía en que los colores percibidos del objeto observado coinciden con los percibidos del mismo objeto iluminado con fuentes de luz estándar.

Las fuentes de luz más eficientes como el sodio a presión alta o baja, tienen un rendimiento de color apenas regular y son de mala calidad; en consecuencia, no son las fuentes de luz adecuadas en ciertas operaciones de inspección y donde es necesario la discriminación y la alta calidad del color.

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

La tabla 3-6, proporciona información sobre la eficiencia y los rendimientos de color para los principales tipos de luz artificial.

Tipo	Eficiencia (<i>lm/W</i>)	Categoría en el color	Observaciones
Incandescente	17-23	Bueno	El alumbrado incandescente es el de uso más común, pero el menos eficiente. El costo de las lámparas es bajo, la vida útil de la lámpara es, por mucho, menos de un año.
Fluorescente	50-80	De aceptable a bueno	La eficiencia y el rendimiento del color varía considerablemente con el tipo de lámpara: Blanco frío, blanco caliente, blanco frío de lujo, con las nuevas lámparas y balastras de alta eficiencia es posible reducir significativamente el costo del consumo de energía. La vida de las lámparas es de 5-8 años.
De mercurio	50-55	De muy deficiente a aceptable	Las lámparas de mercurio tienen una vida útil larga de los 9-12 años, pero su eficiencia decrece de manera importante con el tiempo.
De haluro metálico	80-90	De aceptable a moderado	El rendimiento de color es adecuado en muchos casos, en general, la vida útil de la lámpara es de 1-3 años.
De sodio a alta presión	85-125	Aceptable	Fuente de luz muy eficiente, su vida útil es de 1-6 años en promedio con tasas de encendido de 12 horas al día.
De sodio a baja presión	100-180	Deficiente	Es la fuente de luz más eficiente, su vida útil es de 4-5 años con un promedio de encendido de 12 horas al día, se emplea para el alumbrado de carreteras y almacenes.

Tabla 3-6² Eficiencia y rendimientos de luminarias artificiales.

Los móviles de luz más comunes para la iluminación industrial; es decir, las luminarias, son seleccionadas de acuerdo al lugar donde se encuentre el área de trabajo y pueden solo dar luz hacia abajo como en talleres pequeños u oficinas. Las luminarias de luz difusa se emplean para llenar el sitio u área lo más posible de iluminación y en todas direcciones. Las luminarias para lugares húmedos, son

² Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 239, D. F. México, 2006.

especiales en áreas de trabajo que se encuentran a cierta profundidad bajo tierra y, en general para sitios de esa índole. Por último, las luminarias para naves altas o bajas, las hay de dos tipos diferentes en cuanto a su uso; es decir, se pueden escoger para el diseño de construcción, en fábricas o talleres.

La distribución de la luz.

En el caso de una fábrica o planta, las luminarias escogidas para la iluminación en general, tienen una clasificación que va de acuerdo con el porcentaje de luz emitida, así, la luz cuando es indirecta tiende a iluminar el techo que a su vez refleja la luz hacia abajo, si se desea esta condición, los techos deben ser ante todo, la superficie o área más brillante donde se realiza el trabajo debiendo contar con reflectancias mayores del 80% , en cuanto a las áreas circundantes de trabajo, estas tienden a reflejar porcentajes de luz cada vez menores al alejarse del techo y hasta llegar al suelo, para lo cual, y para evitar reflejos este debe reflejar no más de 20-40% , de luz.

Si se el caso donde la luz es directa; esta no debe estar en el techo, por lo cual, se coloca la luminaria a manera que de mayor porcentaje de luz en la estación de trabajo y el suelo. Si la luminancia en la operación es excesiva, esta se puede evitar al distribuir de manera uniforme las luminarias en todo el techo.

La distribución de la luz también es una norma:

IESNA (1995) recomienda que la razón de luminancia de cualquier área adyacente en el campo visual no debe exceder 3/1, el propósito de evitar reflejos y problemas de adaptación.³

3.4 El Color, el Ruido y la Temperatura en el Sitio de Trabajo

Dentro de una planta o fábrica, existen factores de importancia que pueden afectar la eficiencia y desempeño del trabajo, si no son detectados y resueltos como se debe, estos son justamente el color; que determina en los trabajadores aspectos psicológicos de comportamiento dentro del entorno laboral, por sorprendente que sea, el color tiende a ser un factor determinante en el

³ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 239, D. F. México, 2006.

comportamiento del operario para con sus compañeros y, en general, para el trabajo que se le asigne.

El ruido es un factor muy importante, pues, las máquinas en planta producen lo producen, y si este va en aumento o se expone en demasía al trabajador tiene efectos adversos en cuanto a la salud. Por ultimo, esta la temperatura, de gran importancia tanto como la iluminación, en México no se le toma muy en cuenta, pues, es un país con clima tipo mediterráneo; muy calmado sin elevación de temperaturas ni baja en las mismas; sin embargo, ya es un factor a tratar, ya que varia mucho en función con la actividad a la que se dedique la firma.

3.4.1 Aspectos Psicológicos del Color

Tanto el color mismo y la textura de este en determinadas superficies tienen efectos psicológicos en los operadores y las personas del entorno. El color amarillo, si se analiza con cuidado, se puede observar con mucha frecuencia en variados alimentos y en tiendas que se dedican a la venta de este tipo de productos, a la vez, que es muy usado en la publicidad, en el caso de este color y en especial en los alimentos, este despierta el apetito entre los consumidores.

La carne, con una superficie café o dorada, despierta el apetito y antojo en los comensales de restaurantes; la sensación café dorado es símbolo de atracción hacia la carne.

Los aspectos psicológicos del color son muy variados; tanto que los empleados tienden a sentir estímulos cálidos, y en caso contrario, niveles de estrés que se pueden convertir en quejas para la firma, el solo hecho de pintar las paredes de colores como el blanco en planta o el utilizar un color coral acogedor, es motivo para que las quejas dejen de aparecer si es que se llegan a presentar, el uso más importante del color en una fabrica, es mejorar las condiciones ambientales de los trabajadores al proporcionar un bienestar visual, los analistas usan los colores para reducir los contrastes fuertes, aumentar la reflectancia, resaltar los peligros y llamar la atención a ciertas características del entorno de trabajo.

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

Los colores, también condicionan o afectan las ventas de una firma, pues, las personas reconocen los productos de una compañía al instante por el patrón de colores usado en el empaquetado, las marcas, logotipos, camiones, edificios entre otros, las preferencias de color tienen influencia en cuestiones tanto de nacionalidad, localización y clima, incluso, las ventas de un producto que se fabrica en un solo color, pueden aumentar más al hacerlo de varios colores, si estos se adecuan a las demandas de los clientes.

En general, el uso de los colores en el ambiente de trabajo tiene efectos en el desempeño de los operarios o empleados, para los techos y paredes son aconsejables los colores claros ya que estos reflejan en demasía la luz, así, la iluminación es mucho mejor. Los colores pastel claro son empleados por muchas empresas en su medio ambiente laboral, y haciendo buenas combinaciones; hacen que las áreas de trabajo en vez de tornarse serias, rígidas o aburridas, sean agradables y den una buena sensación de confort.

Color	Característica
Amarillo	Tiene la visibilidad mas alta entre todos los colares en casi cualquier condición de iluminación, infunde una sensación de frescura y sequedad, da la sensación de riqueza y poder o sugerir cobardía y enfermedad.
Naranja	Tiende a combinar la alta visibilidad del amarillo y la característica de vitalidad e Intensidad del rojo, atrae más atención que cualquier otro color en el espectro, da una sensación acogedora y a menudo tiene un efecto estimulante a la alegría.
Rojo	Color de alta visibilidad con intensidad y vitalidad, es el color físico asociado con la sangre, sugiere calor, estímulo y acción.
Azul	Color de baja visibilidad, dirige la mente a la meditación, tiene un efecto calmante aunque puede promover un ánimo depresivo.
Verde	Color de baja visibilidad, inspira la sensación de tranquilidad, frescura y estabilidad.
Púrpura y violeta	Colores de baja visibilidad, se asocian con el dolor, la pasión, el sufrimiento, el heroísmo, etc. Tienden a producir la sensación de fragilidad, flacidez y tristeza.

Tabla 3-7⁴ Significado emocional y psicológico de los principales colores utilizados en la industria.

⁴ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 242, D. F. México, 2006.

Los colores afectan el comportamiento humano, incluso, influyen en las reacciones de los empleados, que se pueden contrarrestar utilizando colores frescos como el azul, el verde o el beige, estos colores son muy sedantes y no enfadosos; lo contrario, de colores como el rojo u anaranjado, por otro lado, los colores cálidos son muy llamativos; atraen la atención e inducen en algunos casos a la fatiga cuando se utilizan en grandes áreas, como la de un edificio.

El uso del color, también es indispensable en las máquinas que se encuentran en producción, los acabados de estas deben de ser opacos o lisos para evitar los reflejos y es aconsejable usar el color verde claro, que incluso se usa desde hace ya tiempo por los fabricantes de las máquinas, ya que, este color es atractivo, sedante y no es tan deprimente como el gris o el negro, en el caso del color negro; este tiende a estimular el estrés, la depresión, la melancolía y se asocia sobre todo con el poder, la seguridad y la muerte.

Otro de los usos del color y, aun más importante; es el que se le da cuando se trata de seguridad en el trabajo, existe un código de colores dentro de planta que indica los puntos clave que un empleado u operador debe conocer; así, los extinguidores y teléfonos para emergencia se pintan de color rojo. Para los peligros en potencia, se utiliza en color amarillo en barandales, pasillos, orillas de andenes, pozos de elevador, los primeros y últimos escalones de una escalera se pintan también de amarillo y es utilizado este color en especial para delimitar áreas de trabajo, pasos estrechos y cruceros.

Dentro de planta existe un código de colores, así, el azul, se utiliza para distinguir válvulas y tuberías de agua, y en sistemas complejos de tubería que corre a través de una planta e incluso en los más sencillos sistemas de este tipo, el código de colores es muy indispensable para identificar el tipo de material que fluye por dichas tuberías.

Para terminar, el aspecto que da una planta a sus empleados y a sus clientes; es muy importante, las grandes estructuras de hierro, los grandes pisos de mármol, así, como azulejos, barandales con colores poco vistosos, grandes lámparas, elevados techos, grandes columnas, pocas ventanas e incluso barrotes en algunas ventanas, dan en un principio apariencia de seguridad y fuerza, que

después, se torna en un ambiente frío, opresivo y hostil para los que se encuentran en dichos lugares, se debe hacer lo posible para contrarrestar lo anterior; se recomiendan grandes ventanas, estructuras de madera en vez de mármol y mobiliario ligero y moderno, pues, dan la imagen de amplitud, alegría e informalidad, que en mucho ha ayudado a diferentes empresas en cuanto al trato a sus clientes y, en general, a todos los que conforman la firma.

3.4.2 El Factor Ruido en el Sitio de Trabajo

Desde el punto de vista del analista o encargado de planta, el ruido es un sonido no deseado, este se propaga a través de ondas, dichas ondas de sonido se originan por la vibración de algún objeto, que a su vez establece una sucesión de ondas de compresión y expansión a través del medio que las transporta, es decir, aire, agua y otros más, de esta manera, el sonido se puede transmitir no sólo por el aire y los líquidos, también viaja a través de los sólidos como las estructuras de las máquinas y herramientas, se sabe que la velocidad aproximada de las ondas de sonido en el aire es 340 m/s (1100 ft/s).

En materiales viscoelásticos como el mastique y otros, la energía del sonido se disipa con rapidez como fricción viscosa. El sonido, se puede definir en términos de las frecuencias que determinan su tono y calidad junto con las amplitudes que determinan su intensidad, las frecuencias aproximadas audibles para el oído humano van de 20-20000 ciclos por segundo ($\text{Hertz} = \text{Hz}$). La ecuación fundamental de propagación de ondas, es la siguiente:

$$c = f\lambda \text{ ----- R1}$$

Donde: c = A la velocidad del sonido: 340 m/s (1100 ft/s) f = A la frecuencia medida en Hz , y λ = A la longitud de onda expresada en m o ft .

Es de observar, que al aumentar la longitud de onda la frecuencia disminuye. Un analista de métodos mide la intensidad del sonido con un medidor de ruido llamado decibelímetro. La unidad de la intensidad del sonido, es el decibel (dB), al crecer la amplitud de las ondas sonoras aumenta la presión del sonido medido en la escala de decibeles.

Debido a la gran variedad de intensidades de los sonidos que se encuentran en el entorno y medio ambiente de trabajo y bajo condiciones normales, se ha construido una escala de decibeles, de hecho, el nivel de decibeles, es la razón logarítmica de la intensidad del sonido real y la intensidad del sonido en el umbral de la capacidad auditiva de una persona promedio, así, el (N), , está dado por:

$$N = 20 \log_{10} \left(\frac{P_{rms}}{P_{ref}} \right) \text{----- R2}$$

Donde: N = Al nivel de presión del sonido medido en decibeles (dB). P_{rms} = A la raíz media cuadrática de la presión del sonido en $\mu bars$ ($dinas/cm^2$), y P_{ref} = A la presión del sonido en el límite de audición de una persona joven promedio a $1000 Hz$ ($0.0002 \mu bars$).

Los niveles de presión del sonido son representados por cantidades logarítmicas, y el efecto que causa la coexistencia de dos o más fuentes de sonido en cierto lugar; requiere que se realice una suma logarítmica, como la que se presenta, a continuación:

$$N_{TOT} = 10 \log_{10} (10^{\frac{N_1}{10}} + 10^{\frac{N_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{N_n}{10}}) \text{----- R3}$$

Donde: N_{TOT} = A la resultante total de ruido, y, N_1 y $N_2 \dots \dots N_n$ = A la suma de dos o más fuentes de ruido.

El nivel de sonido se pondera o calcula de manera minuciosa, con el objeto de ser la medida de ruido ambiental más aceptada, los cálculos reconocen que desde los puntos de vista psicológicos y fisiológicos, las frecuencias bajas de $50-500 Hz$, son menos molestas y dañinas que los sonidos cuyos intervalos tienen frecuencias de $1000-4000 Hz$, los cuales, se consideran ya críticos. Cuando se presentan frecuencias superiores a los $10000 Hz$, la agudeza auditiva tiende a disminuir.

En cuanto a la vida real en planta, los medidores de nivel de ruido deben construirse con aparatos que cuenten con circuitos electrónicos adecuados para

atenuar las frecuencias altas y bajas, así, se logra esclarecer las unidades directas en cuanto a la intensidad del sonido (*dBA*), logrando corresponder con esto al efecto en el oído humano promedio.

Cuando la frecuencia de ruido se acerca al intervalo de 2400-4800 *Hz*, se llega a dañar al oído; termino también llamado sordera de tipo conductiva, esta perdida auditiva, es el resultado de una reducción en la flexibilidad de los receptores del oído interno, que dejan de transmitir las ondas sonoras al cerebro, además, si el tiempo de exposición de un operario aumenta, en especial cuando se trata de intensidades altas, se produce una lesión en el oído. La causa más común de la sordera conductiva, es la exposición excesiva al ruido ocupacional dentro del propio trabajo, la susceptibilidad de los individuos a la sordera inducida por el ruido tiene una gran variación, en general, el ruido se clasifica en ruido de banda ancha y el de tipo significativo.

El Ruido de banda ancha.

A este tipo de ruido le corresponden las frecuencias que comprenden una parte importante del espectro de sonido, este tipo de ruido se presenta de manera continua o intermitente, en situaciones a largo plazo el ruido de banda ancha causa sordera, en la operación diaria puede reducir la eficiencia en el trabajo y es la causa de una comunicación no efectiva.

El ruido de banda ancha continuo, se presenta en industrias como la textil o en talleres con maquinaria donde el operador opera tornos automáticos y, donde el nivel de ruido no varía de manera significativa durante el día de trabajo.

El ruido de banda ancha intermitente, se presenta en plantas de forja con martinete o es causado por los trabajos dentro de un aserradero.

El ruido significativo.

Este, se caracteriza por el sonido que distrae y en todo caso afecta la eficiencia del trabajador, cuando una persona está expuesta a ruido que excede el nivel dañino, por lo regular, el efecto inicial es la pérdida temporal de la audición y, de la cual, se recupera el operador en unas cuantas horas después de salir del entorno laboral. Si la exposición al ruido intermitente es continúa y por períodos largos; el daño causado al oído resulta irreversible. Los efectos causados por el

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

ruido excesivo dependen de la energía total que recibe el oído del operario durante el período de trabajo, así, si se reduce el tiempo de exposición al ruido excesivo durante la jornada laboral, se reduce, en consecuencia; la probabilidad de una lesión auditiva permanente en el operario.

Los estudios han demostrado que tanto el ruido de banda ancha como el significativo distraen y molestan; dado lo cual, existe una disminución en la productividad y un aumento en la fatiga del operador.

Sonidos	Umbral auditivo	Intensidad (dBA)
Susurro	Apenas audible	10-20
Interior de una recamara	Muy suave	30-40
Vecindario tranquilo	Suave	45-50
Aire acondicionado hogar	Moderado	55-65
Transito, trafico o trenes	Molesto	70-85
Esmeril o remachadora	Muy molesto	90-115
Aviones de hélice grande y jets	Excesivamente fuerte	120-160

Tabla 3-8 Valores en decibeles para la intensidad del sonido (*dBA*).

También se determinan y miden los niveles de ruido mediante un análisis de banda de octava, es decir, Un filtro agregado al decibelímetro que descompone los sonidos en sus respectivas frecuencias, con lo anterior, se pueden ya determinar los cálculos respectivos a variados niveles de sonido. En el caso del nivel A, de sonido equivalente, se determina como sigue: primero se grafican los niveles de presión de sonido a banda de octava, a los resultados obtenidos de este ponderado de sonido (nivel A), le corresponde el punto de la penetración más alta en las curvas de nivel de sonido obtenidas, este es el valor de decibeles (*dBA*), que se usa en los cálculos.

Una de las principales causas de la pérdida de audición debido a la exposición constante al ruido, se debe principalmente a dicha exposición, pero en

dosis diarias y por dos o más periodos de ruido de distintos niveles, lo cual, implica una suma de efectos hacia el oído en lugar de solo un efecto individual.

Para el cálculo de la dosis de ruido mediante el método de suma de fracciones y que en dado caso no debe superar la unidad, se debe considerar con urgencia que la dosis de ruido, cuando se presenta el caso de la exposición mixta y excede el valor límite permisible implica, a su vez, una serie de medidas muy a considerar. OSHA (*Occupational Safety and Health Administration* – Administración Para Salud y Seguridad en el Trabajo), usa el concepto de dosis de ruido, donde la exposición del operario a cualquier nivel de sonido superior a 80 *dba*, causa una dosis perjudicial en quien lo escucha, si la exposición total diaria consiste en varias exposiciones a diferentes niveles de ruido, entonces, las dosis parciales se suman para obtener una exposición combinada, ecuación R-4.

$$D = 100 \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \leq 100 \text{ ----- R4}$$

Donde: $D = A$ la dosis de sonido, $C = A$ el tiempo de exposición a niveles específicos de ruido (horas), y $T = A$ el tiempo permitido a un nivel específico de ruido (horas).

Por norma general 90 *dba*, es el nivel máximo permisible para un día de 8 horas de trabajo, y cualquier nivel de sonido mayor que este requiere algún tipo de protección para el trabajador, todos los sonidos con niveles entre 80-130 *dba*, deben incluirse en los cálculos de la dosis de ruido. Los niveles continuos superiores a 115 *dba*, no están permitidos.

La exposición total a diferentes niveles de ruido no debe exceder el 100%, en una dosis. La tabla 3-9, de la siguiente pagina muestra los niveles permitidos en base a lo anterior mencionado.

En la tabla se proporcionan sólo ciertos tiempos, se puede usar una fórmula para interpolar y poder extraer el cálculo de los niveles de ruido intermedios, así:

$$T = \frac{8}{2^{\frac{(N-90)}{5}}} \text{ ----- R5}$$

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

Donde: N = Al nivel de ruido (dB A), y T = Al intervalo de tiempo a encontrar.

Duración por día (horas)	Nivel permitido de sonido (dB A)
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25 o menos	115

Tabla 3-9⁵ Exposiciones permisibles al ruido para un operador promedio.

En el caso donde un operador esta expuesto a una determinada dosis de ruido, esta para su mejor comprensión se calcula y convierte a un Promedio Ponderado de Tiempo (PPT), que se basa en las 8 diarias de trabajo por parte del operador. El PPT , está definido por:

$$PPT = 16.61(\log_{10} \frac{D}{100}) + 90 \text{ ----- R6}$$

Donde: El PPT = Al nivel de sonido que produce una dosis de ruido siempre y cuando un trabajador esta expuesto a ese nivel de sonido continuo durante y después de 8 horas de trabajo. Y D = A la dosis de ruido en unidades de porcentaje (%).

OSHA, recomienda un programa basado en estrictos estándares de carácter obligatorio para la conservación de la audición y que incluyen; la supervisión constante de máquinas y operarios, pruebas audiométricas y

⁵ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 246, D. F. México, 2006.

capacitación para todos los trabajadores expuestos al ruido ocupacional igual o mayor a un *PPT*, de 85 dB . Los niveles de ruido menores que 8 dB , no causan pérdida auditiva, más estos contribuyen a la distracción y la molestia durante las labores, dando como resultado un mal desempeño en el trabajador, los ruidos de oficina comunes no son en si altos, pero hacer más difícil la concentración y son causa de un decremento en la productividad cuando se realizan trabajos de diseño o de cierta dificultad creativa.

Se considera que los niveles de ruido menores a 85 dB , ocasionan la dificultad para la efectiva comunicación, ya sea esta de forma personal o vía telefónica, también hace acto de presencia el bajo desempeño en el operador en labores difíciles que imponen elevadas cargas de percepción, procesamiento de información y capacidad de memoria a corto plazo. Por otra parte, no hade repercusión, e incluso eleva desempeño en las labores sencillas y no abstractas.

Estudios han demostrado que si el sonido o ruido no existe en el entorno laboral, la atención del operario divaga, esto debido al aburrimiento, y este fenómeno se complica aun más cuando las variables emocionales del trabajador se presentan; es decir, el gusto por la acústica, la intensidad, frecuencia, duración, fluctuación del nivel y composición del espectro, juegan un papel importante, al igual, que los factores no acústicos entre los que se encuentran; experiencias con el ruido, la actividad, personalidad, la ocurrencia del ruido, tiempo del día, año y la localización y origen del operario. Todos los anteriores influyen no solo al aburrimiento también a la productividad.

En cuanto a la molestia que origina el ruido, también hay diferentes métodos para evaluarla; sin embargo, la mayoría de estas mediciones, incluyen condiciones y tipos de comunidad donde los niveles de ruido se encuentran entre los $60\text{-}70\text{ dBA}$, los cuales, son por mucho, parámetros inferiores a los que se encuentran en fábricas dedicadas a la industria.

Los analistas e ingenieros, se encuentran día a día con diferentes retos dentro de una planta manufacturera, pero es sin lugar a duda, que el control de ruido excesivo ocasionado por una fuente es uno de los principales a enfrentar. Para esto, se recurre a la administración con sugerencias y esta, por lo regular y

en base a su experiencia, toma las medidas necesarias; de las cuales, tres son las más comunes y efectivas.

1. La reducción del ruido desde la fuente que lo origina.

Esta es la mejor y a la vez la más difícil, pues implica el rediseño de equipo y herramental, tales como, martillos neumáticos, prensa de vapor, martillos y pernos hechos a base de elastómeros, cepillos y ensambladores de madera, todo a manera que no decrementar la eficiencia del equipo del operador y, con el único objetivo de mantener el nivel de ruido dentro de los intervalos permisibles, en algunos casos, se tienen que sustituir instalaciones operativas donde el ruido es menor por las que producen un alto nivel de ruido; es decir, sustituir las maquinas de tipo hidráulico por las de tipo neumático, sustituir las máquinas o aparatos operados con energía por aquellos que operan con vapor entre otros.

2. La reducción y control de ruido de baja frecuencia.

El ruido de baja frecuencia se controla desde la fuente con bastante efectividad, si se colocan soportes de hule y se da mejor mantenimiento y alineación al equipo, no obstante, si con estas medidas no se puede controlar el ruido desde su fuente, los analistas y encargados deben investigar la posibilidad de aislar al equipo responsable del ruido; es decir, controlar el ruido que emana de una máquina encerrando todo o una parte del equipo con un material aislante.

3. Reducción del ruido ambiental mediante el aislamiento de la maquinaria.

En muchas ocasiones y cuando lo amerita, es recomendable reducir a lo posible el ruido en el ambiente laboral aislando la fuente de ruido del resto de la estructura, esto evita el efecto llamado eco del ruido y, se logra adicionando una base del tipo elastómero bajo la instalación amortiguando así, el ruido intermitente producido por el equipo o maquinaria. Si se presenta la situación en donde hay que aislar la maquinaria o instalación para no interferir con la operación y accesibilidad de los trabajadores, los siguientes criterios aseguran un diseño satisfactorio del aislamiento:

- a) El analista tiene que establecer metas claras en cuanto al diseño y determinar la acústica requerida para poder aislar el equipo; por consiguiente y en base a requerimientos de tolerancia realizar

mediciones por octavas de banda a 1 m (3.28 ft), de las superficies principales de la maquinaria.

- b) Una vez obtenidas las mediciones reales en octavas de banda referentes a los respectivos niveles de ruido; identificar el lugar recomendado para aislar el equipo.
- c) Si es el caso en el cual existe una acumulación de ruido; es decir, si existe más de una fuente de ruido, es necesario determinar el nivel de ruido neto de dichas instalaciones.
- d) Se debe establecer una atenuación del ruido, en base al espectro de cada lugar de encierro, con esto se obtiene una marcada diferencia entre el lugar de origen del ruido y el lugar donde se pretende aislar la fuente (Incisos a), y c)), respectivamente.
- e) El analista o encargado procede entonces, al aislamiento seleccionando paneles acústicos esto para preparar la configuración de las paredes para el aislamiento. La tabla 3-10, muestra varios materiales de uso común para aislamientos relativamente pequeños. De preferencia, se debe aplicar un material tipo viscoelástico en cada uno de los materiales a seleccionar, con excepción del plomo para así, obtener una atenuación adicional de $3\text{-}5\text{ dBA}$.

En caso de no poder controlar o reducir el ruido de la fuente que lo origina, o no se logra aislar por completo a la fuente en cuanto a su acústica. Lo más conveniente es la absorción de la acústica como mejor opción; es decir, el analista puede instalar materiales acústicos en las paredes, techos y pisos para así, reducir el fenómeno de la reverberación. Se obtiene una reducción de ruido considerable, si se opta por el método ya mencionado.

Es de observar, que ciertos sonidos son acogedores y deseables en el entorno laboral, es por esto, que durante varios años y en muchas fábricas se usa la música, esto para mejorar el ambiente. Se sabe que la mayoría de los trabajadores dentro de una planta manufacturera, sean estos de mantenimiento, operativos, supervisores, de recepción entre otros, disfrutan del sonido proveniente de la música mientras trabajan. Si se quiere música en el entorno

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

laboral, lo primero es consultar a los empleados, y así, determinar que tipo de preferencia, así como el lugar y la hora para escucharla. Los periodos de 20-30, o de 30-60, minutos de música por el mismo periodo sin ella, dan como resultado una mejor relajación.

Frecuencia central en octava de banda	125	250	500	1000	2000	4000
Acero calibre 16	15	23	31	31	35	41
Acero de 7mm	25	38	41	45	41	48
Triplay (madera terciada) de 7mm - 0.32kg/0.1m ²	11	15	20	24	29	30
Triplay de 3/4in - 0.9kg/0.1m ²	19	24	27	30	33	35
Aplanado de yeso de 14mm - 1kg/0.1m ²	14	20	30	35	38	37
Fibra de vidrio de 7mm - 0.23kg/0.1m ²	5	15	23	24	32	33
Plomo de 0.2mm - 0.45kg/0.1m ²	19	19	24	28	33	39
Plomo de 0.4mm - 0.9kg/0.1m ²	23	24	29	33	40	43

Tabla 3-10⁶ Reducción de ruido en octavas de banda con una sola capa de material como aislante.

La Protección Contra el Ruido.

Si existe una exposición al ruido, el personal u operarios implicados pueden y deben de utilizar la protección respectiva para los oídos. OSHA, contempla la protección solo como una medida temporal pero que a la vez es muy necesaria, dado lo cual, existen varios tipos de tapones para proteger el oído, y algunos llegan a la atenuación de ruidos de todas las frecuencias alcanzando niveles de presión que van de los 110-115 *dba* (Frecuencias superiores a 600 *Hz*).

La eficiencia de los tapones para los oídos abajo de la frecuencia ya mencionada, se calcula en forma cuantitativa por medio de la Tasa de Reducción de Ruido (*TRR*), que debe estar indicada en empaque al momento de la compra. Los tapones del tipo que se insertan en el oído como el de hule espuma expandible proporcionan mayor protección que los del tipo orejera, y una combinación de los tapones que se insertan y los del tipo orejera, alcanzan un valor de 30 en la *TRR*. Hay que destacar que los valores alcanzados son resultado

⁶ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 249, D. F. México, 2006.

de investigaciones en laboratorio y bajo condiciones ideales, en el mundo real de fábrica, estos pueden cambiar.

Si el operario está expuesto al ruido del tipo equivalente, este, es igual al $PPT + 7 - TRR$ (NIOSH, 1998).

3.4.3 La Temperatura y el Ambiente Laboral

Dadas las labores y el ambiente originado en fábrica, los operarios tienden a percibir el calor excesivo en cualquier instante, esto debido a las máquinas y las condiciones en las que se trabaja, lo cual, da origen a temperaturas altas en el entorno laboral.

Así, los trabajadores de una mina están expuestos al calor, ya que la temperatura aumenta en función de la profundidad y la poca ventilación. En la industria textil, es muy común encontrar condiciones de calor elevadas, así como humedad alta debido a los requerimientos al procesar la tela, por último, aquellas industrias dedicadas al acero, el aluminio y el hierro exponen a sus trabajadores a las altas cargas de radiación de hornos y refractarios, así como, al trabajo con barras o lingotes al rojo vivo, para lo cual, los operarios tienen que trabajar con ciertas limitaciones al día, más esto no impide que las elevadas temperaturas hagan acto de presencia y mermen la capacidad del operario. Si a esto se agrega las condiciones normales del clima en cuestión, la temperatura es un factor determinante en el sitio de trabajo y se toca lo referente en las líneas siguientes.

Los operarios y, en general todas las personas, y para comprender mejor como el calor afecta al cuerpo humano, se tiene que seguir cierto análisis; donde a la cubierta superior del cuerpo le corresponde la piel, los tejidos superficiales y las extremidades, el núcleo se asemeja a los tejidos más profundos del tronco y la cabeza. Si la temperatura, en este caso, del núcleo presenta un intervalo pequeño alrededor de los 37°C (98.6°F), se está dentro de parámetros normales, más, si dicho núcleo llega a temperaturas de los $37.8\text{-}38.9^{\circ}\text{C}$ ($100.04\text{-}102.02^{\circ}\text{F}$), el funcionamiento del cuerpo sufre un desbalance significativo. Si existen en el ser humano temperaturas superiores a 40.6°C (105.08°F), el cuerpo y sus diferentes sistemas fallan por la elevada temperatura y al poco tiempo sufrir la muerte.

Los tejidos exteriores en el ser humano soportan sin ningún problema los cambios de temperatura y sirven como capa protectora para las temperaturas de los órganos y sistemas interiores del cuerpo. La ropa; en el caso de los operadores, interactúa como una segunda capa aislante salvaguardando los órganos internos del cuerpo.

La siguiente ecuación de balance de calor (T1), representa la pérdida o ganancia de calor en el operario y en general de cualquier ser humano y se define, a continuación:

$$Q_T = Q_M \pm Q_C \pm Q_R \pm Q_E \text{ ----- T1}$$

Donde: Q_T = Al almacenamiento de calor o pérdida de este en el cuerpo, Q_M = Al incremento de calor en el metabolismo. Q_C = Al incremento y decremento de calor debido a fenómeno de convección. Q_R = Al incremento y decremento de calor debido a la radiación y, Q_E = Al decremento de calor en el operario debido al sudor.

La ecuación anterior tiene por objetivo llegar a la neutralidad térmica; es decir, $Q_T = 0$, en el caso, de existir una ganancia calor debido a la suma e interacción de las variables implicadas, se tiene como resultado un incremento de calor, el cual, se almacena en los tejidos y sistemas internos, dando origen a elevadas temperaturas en el interior del metabolismo humano.

En el caso de las fábricas que operan en zonas con climas tipo mediterráneo; sin elevadas temperaturas ni decremento considerable de estas, con operaciones ligeras por parte de los operarios, en estaciones de trabajo óptimas y un jornal de aproximadamente ocho horas de trabajo diario. Se tiene que considerar que la temperatura en fábrica sea de los 18.9-26.1°C (66.-79°F), contar con una humedad del 20-80% , esto debido, a que el mismo trabajo, la ropa del operario y la radiación por calor tienden a afectar la eficiencia y comodidad de cada trabajador.

Temperatura global del bulbo húmedo (*TGBH*), y la *TGBM*.

Muchos han sido los modelos ya sea a base de datos científicos o empíricos, por medio de los cuales, se quiere obtener bajo un solo parámetro las diferentes interacciones, afecciones y resultados de los operarios y el medio ambiente que les rodea. El enfoque principal, es la construcción de aparatos o instrumentos que a semejan a los seres humanos, donde aspectos tan importantes como las diferentes tensiones a las que se somete un operador o, el estrés mismo, son indispensables para lograr encontrar el factor principal ante el problema que originan las altas temperaturas. Tal es el caso, del método llamado; temperatura global del bulbo húmedo.

Quizá el índice que se usa con más frecuencia en la industria actual, establece los límites de exposición al calor y los ciclos de trabajo/descanso con base en la *temperatura global de bulbo húmedo o TGBH* (Yaglou y Minard, 1957) y la carga metabólica. En formas un tanto diferentes las ACGIH (1985), NIOSH (1986) y ASHRAE (1991).⁷

La ecuación que hace mención a la temperatura global del bulbo húmedo *TGBH*, es la siguiente:

$$TGBH = 0.7BHN + 0.2TG + 0.1BS \text{ ----- } T2$$

TGBH= Al índice o parámetro mediante el cual, se establecen las afecciones e interacciones en los operarios debido a temperaturas elevadas en el entorno laboral. *BHN*= A la temperatura del bulbo húmedo natural; es decir, al enfriamiento debido al sudor (evaporación), las siglas *BHN*, se deben a que se usaba un termómetro, una cuerda mojada y el movimiento natural del aire. *TG* = A la temperatura del globo o temperatura originada por radiación; llamada así, porque se usaba un termómetro colocado en el interior de una esfera de cobre negro y un diámetro aproximado de 0.152 m (6 in). Y *BS* = A la temperatura del bulbo seco, o la temperatura del medio ambiente medida esta con un termómetro a la sombra y sin la interferencia de radiación del sol.

⁷ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 251, D. F. México, 2006.

Para el caso en que la carga solar emitida por el sol no interactúe con el estudio, ya sea en interiores o exteriores, se tiene la temperatura global del bulbo medio (TGBM), para lo cual, se presenta la siguiente fórmula:

$$TGBM = .07BHN + 0.3TG \text{ ----- } T3$$

Donde: *TGBM* = Al índice o parámetro, el cual establece la pérdida o ganancia de calor por parte del operario, así como las diversas afecciones durante el periodo de trabajo.

Cabe recalcar, que el índice de temperatura *BHN*, aparece tanto en la fórmula del *TGBH*, como para la *TGBM*, con la única diferencia de que la temperatura global del bulbo húmedo (*TGBH*), utiliza la *BS*, con el objeto de establecer la humedad relativa y con esto las condiciones promedio para iniciar las labores del operario.

El *TGBH*, se mide en la actualidad con instrumentos que proporcionan lecturas instantáneas; es decir, con instrumentos especializados y digitales. El manejo de los índices de temperatura ya mencionados en conjunto con el análisis de la temperatura del operario, tiene el único fin de establecer los tiempos de descanso y de labores para los trabajadores que ya están aclimatados y de los que no lo están. También es de vital importancia, que las condiciones de la estación de trabajo sean las promedio y las óptimas en cuanto a diseño, siempre tomando en cuenta el incremento de la temperatura en los operarios.

El incremento en la temperatura de 1°C (1.8°F), durante el trabajo en fábrica fue establecido por NIOSH (National Engineering Occupational Society Health – Sociedad Nacional de Ingeniería Para la Salud y el Trabajo), esto, con el objeto de establecer un límite superior idóneo para el total de calor almacenado en el cuerpo de cada operario; lo cual, da como resultado, que un periodo de descanso aminora el calor en el operario. Cabe destacar, que si el trabajo en fábrica se realiza bajo condiciones óptimas en cuanto a temperatura, el descanso si se llegase a presentar por parte del operario es mucho menor.

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

Presión (<i>inHg</i>), vapor agua	Presión (<i>mmHg</i>), vapor de agua	TGBH °C	TGBH °F	Humedad relativa %	Condiciones térmicas laborales
0.16-1.34	4-34	18.5	65	10-80	No optimas
1.42	36	19	66	87	Aceptables
0.81-1.38	20.5-35	19.5	67	50-84	Optimas
0.51-1.32	13-33.5	20	68	29-80	Optimas
0.37-1.08	9.5-27.5	22	72	24-70	Optimas
0.35-1.03	9-26.25	24	75.5	22-62	Optimas
0.33-0.94	8.5-24	25	77	20- 59	Optimas
0.32-0.43	8-11	26	78.8	18-27	Optimas
0.16-1.32	4-33.5	27	80.6	10-80	No optimas
0.52-1.08	13-27.5	16	60	32-70	Optimas
0.71-1.32	18-33.5	17	63	40-80	Optimas
0.81-1.08	20.5-27.5	18	65	50-70	Optimas
0.87-1.03	22-26.25	19	66	55-64	Optimas
0.53-1.32	13.5-33.5	19	67	30-80	No optimas

Tabla 3-11 Los criterios y las condiciones térmicas idóneas para el trabajo.

El control de la temperatura en áreas de trabajo.

Los factores contraproducentes originados por altas temperaturas en áreas de trabajo, se pueden reducir con la implantación de controles por parte de los encargados en ingeniería; es decir, con la modificación del ambiente vía la administración. Es muy importante para los involucrados en planta, que la modificación del ambiente es una consecuencia directa de la ecuación de balance de calor.

Como ya se mencionó, la carga de trabajo en el metabolismo de cada operario va en función del aumento de temperatura en el cuerpo humano, dado lo cual, la carga de trabajo cuando la temperatura es elevada debe disminuirse, más si el trabajo disminuye, se ve afectada la producción y en consecuencia la productividad tanto de la empresa como la del operario, es por esto, que ante todo se debe evitar que la temperatura de las maquinas involucradas llegue al operario y afecte su desempeño.

En el caso de la carga de calor debido a la radiación, esta decrece si se colocan los radiadores correspondientes, así como la tubería y drenajes idóneos, las juntas con el sellador ideal y bien selladas; ayudan a no dejar escapar el vapor y con una ventilación de tipo puntual se logra en grande manera disipar el calor que llega a subir durante el proceso. Par evitar que la radiación debido al calor llegue de manera directa al operario, es recomendable colocar tablonces o paneles reflejantes, cortinas metálicas, pantallas de malla con alambre hechos estos principalmente a base de aluminio o, en su caso; vidrio templado si es necesaria la visibilidad. El equipo del operario también actúa como reflejante, si así lo amerita, las mangas largas reducen la radiación si esta se hace presente.

En el caso de la pérdida de calor por convección en el trabajador, esta se incrementa si aumenta el movimiento del aire vía una ventilación adecuada, siempre y cuando la BS , sea menor que la temperatura de la piel; es decir, alrededor de $35^{\circ}C$ ($95^{\circ}F$), la pérdida de calor por convección es más eficiente cuando la piel del operario se encuentra al desnudo, pero dada esta condición, se establece un intercambio directo entre la convección y el incremento de calor por la radiación. La pérdida de calor por convección mejora con el incremento del movimiento de aire y la disminución de la presión de vapor de agua; de igual forma, es indispensable el uso de deshumidificadores y el aire acondicionado. Existe un pequeño detalle en este último punto; pues, aunque el aire acondicionado crea ambientes muy agradables, es costoso y no muy apto en las instalaciones de fábricas.

Otro tipo de medidas que dan solución al problema del calor, aunque menos efectivas incluyen: Modificar la programación del trabajo, esto para disminuir la temperatura en el metabolismo; es decir, establecer periodos de trabajo y descanso con el fin de aclimatar a los trabajadores no aclimatados. Para operarios de recién ingreso dos semanas es un periodo recomendable. Otra medida a tomar en cuenta es el rotar a los trabajadores dentro y fuera de áreas con elevadas temperaturas y usar chalecos tipo enfriamiento, los cuales, cuentan con bolsas en todo el chaleco para hielo congelado.

La relación frío-viento en la industria.

Los índices que muestran el bajo desempeño de un operario por frío en la industria, se refieren en esencia al factor viento; este factor, describe la pérdida de calor por radiación y convección en función de la temperatura del ambiente y la velocidad del viento, el índice del factor viento no es en esencia directo; es decir, se transforma a un valor determinado de temperatura equivalente expresado en forma de viento; dicho lo anterior, es la temperatura del medio ambiente que en condiciones de calma produce el factor viento, todo en función e interacción de la temperatura del aire y la velocidad del viento.

Si se desea que exista un buen desempeño en cuanto a productividad por parte del operario, debe de existir un análisis detallado de la actividad física y el trabajador, lo anterior, le corresponde en esencia a la labor del operario y, por consecuencia, el calor que el mismo produce para sí al realizar cada una de las operaciones en planta.

Si no se cuentan con las condiciones ideales en el medio ambiente, estas, se pueden buscar aislando al propio operador; es decir, utilizar la ropa protectora indicada dado el caso. También se puede recurrir a un *clo*; el cual, produce un aislamiento idóneo para que un operador se encuentre en la posición sentado, de forma cómoda y con una humedad relativa del 50%, el movimiento del aire se debe encontrar a una velocidad de 6 m/min (20 ft/min), y la *BS*, alrededor de los 21°C (69.8°F). Si el operario usa un traje ligero para sus labores en fábrica, existe un valor aproximado a un *clo*, de aislamiento.

En el caso de que los operarios, se encuentren en labores al aire libre, y expuestos a las bajas temperaturas los efectos adversos pueden ser variados, los principales son: La disminución en la sensibilidad del tacto; es decir, la destreza manual aminorada debido a la vasodilatación y la disminución en el flujo de sangre a las manos, al igual, que el bajo desempeño manual que llega a decrecer hasta el 50%. Cuando la temperatura de la piel en las manos baja a los 18°C - 7.2°C (64.4°F - 44.6°F), el uso de calentadores adicionales y guantes ofrecen una solución a este problema, se llegan a usar guantes sin dedos, los cuales, también protegen a las manos y afectan en poco el desempeño del operario.

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

La tabla 3-12, muestra una división en los datos correspondientes a la temperatura, se puede ver la parte derecha, la media y la parte izquierda, las cuales se separan, pues, cada una de estas divisiones implican efectos de mal desempeño en el operario y efectos de peligro que deben de vigilarse con mucho cuidado.

La parte izquierda indica, que en las condiciones marcadas si se expone la piel a la intemperie sin vestimenta de protección; la piel del operario se puede congelar en cinco horas, los datos de la parte central indican un peligro, en el cual, la piel expuesta del operario a las bajas temperaturas se puede congelar en aproximadamente 30 minutos, por último, el mayor peligro recae en la parte derecha parte baja de la tabla, donde los valores indican que la piel expuesta del operario se puede congelar en tan solo 5 minutos, esto, es causa de que la ropa ideal de protección sea de vital importancia.

Velocidad del viento <i>km/h</i> <i>m/h</i>	<u>Temp.</u> °C – °F							
	4°C 40°F	-1.1°C 30°F	-6.7°C 20°F	-12°C 10°F	-18°C 0°F	-23°C -10°F	-29°C -20°F	-34°C -30°F
8 <i>km/h</i> 5 <i>m/h</i>	2°C 36°F	-3.9°C 25°F	-11°C 13°F	-25°C 1°F	23.9°C -11°F	-30°C -22°F	-37°C -34°F	-43°C -46°F
16 <i>km/h</i> 10 <i>m/h</i>	1°C 34°F	-6.1°C 21°F	-13°C 9°F	-20°C -4°F	-27°C -16°F	-33°C -28°F	-41°C -41°F	-47°C -53°F
24 <i>km/h</i> 15 <i>m/h</i>	0°C 32°F	-7.2°C 19°F	-14°C 6°F	-22°C -7°F	-28°C -19°F	-36°C -32°F	-43°C -45°F	-50°C -58°F
32 <i>km/h</i> 20 <i>m/h</i>	-1°C 30°F	-8.3°C 17°F	-16°C 4°F	-23°C -9°F	-30°C -22°F	-37°C -35°F	-44°C -48°F	-51°C -61°F
40 <i>km/h</i> 30 <i>m/h</i>	-2°C 28°F	-9.4°C 15°F	-17°C 1°F	-24°C -12°F	-32°C -26°F	-39°C -39°F	-47°C -53°F	-55°C -67°F
64 <i>km/h</i> 40 <i>m/h</i>	-3°C 27°F	-11°C 13°F	-18°C -1°F	-26°C -15°F	-34°C -29°F	-42°C -43°F	-49°C -57°F	-57°C -71°F

Tabla 3-12 Relación temperatura-velocidad del viento, para ambientes de plena calma a frío extremo.

3.5 La Ventilación, la Vibración y la Radiación Como Factores Importantes en el Sitio de Trabajo

La ventilación en el lugar de trabajo juega un papel de importancia; pues, existen sitios o plantas donde se pueden concentrar humores u olores que son producto de las mismas máquinas con las que se labora, o consecuencia de la materia prima con la que se trabaja, no obstante, aunque no existan las máquinas o la materia prima; en un lugar poco ventilado y con muchas personas dentro, las molestias existen y el lugar tiene que haber ventilación, una ventilación ideal cuesta mucho hablando en términos monetarios, pero es muy indispensable, por lo cual, se aborda el tema más a fondo solo en cuanto a sus implicaciones, efectos y aplicaciones.

En plantas donde se trabaja principalmente con máquinas de gran tamaño, incluso, al manejar un automóvil o cierto tipo de maquinaria y se tiene que trabajar por periodos largos de trabajo, se presenta un fenómeno llamado vibración; el cual, tiene que ser tomado con mucho cuidado y atención, pues, a la larga puede afectar la salud de los trabajadores, es por esto, que se toma en cuenta este factor desde su teoría y sus consecuencias, ya que, de lo contrario; el bajo desempeño del trabajador es evidente y por consecuencia la baja de productividad, la teoría en cuanto al sitio de trabajo y las aplicaciones, se abordan de manera directa y concisa.

En lo que respecta al fenómeno radiación en el lugar de trabajo, solo se da su teoría y efectos reales en como afecta a los expuestos a este fenómeno, es de gran importancia, pues, da un panorama más claro de los trabajadores que están expuestos a la radiación y, en general, da una explicación mas verídica de este fenómeno y el operador, e incluso de nosotros y nuestro entorno.

3.5.1 La Ventilación y el Área de Trabajo

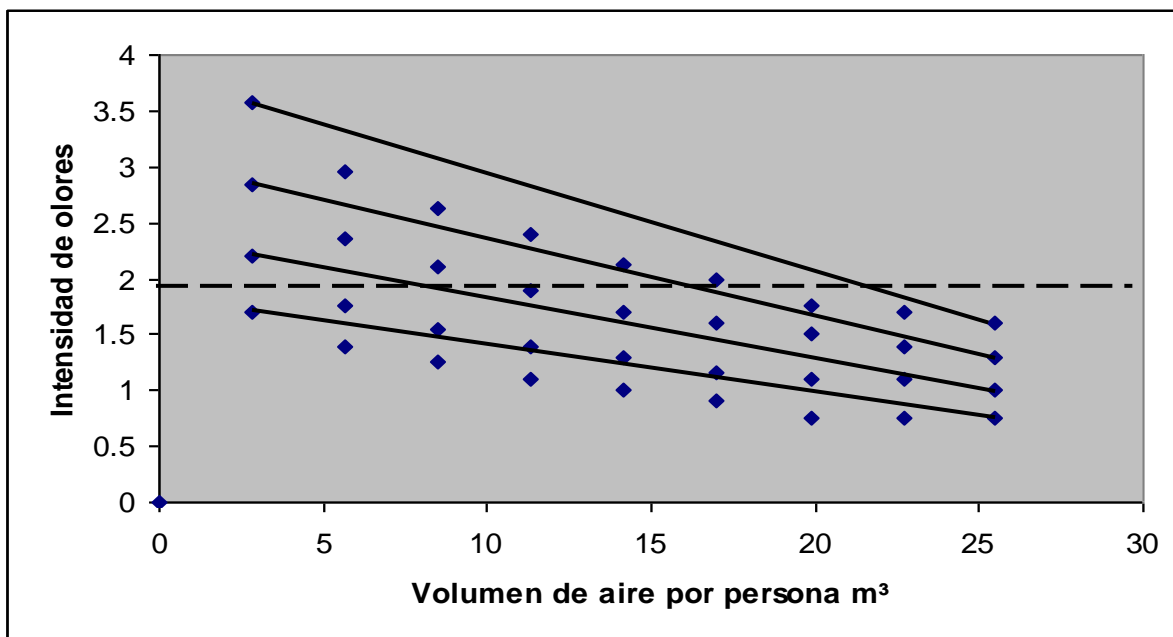
Las personas dentro de una oficina, una estación de trabajo, así como, la maquinaria implicada o las actividades en una determinada área afectan de manera significativa el aire del interior, debido a la liberación de olores y calor principalmente. Si se da el caso en cuanto a la formación de vapor de agua, producción de dióxido de carbono y vapores tóxicos debe forzosamente

proporcionarse la ventilación adecuada para diluirlos, pues contaminan el medio ambiente y en especial las áreas respectivas de trabajo. Se logra con un total éxito, el sacar todo o parte del aire ya deteriorado dejando entrar aire fresco, si se utiliza la ventilación adecuada dependiendo de la situación en que se encuentre, para esto, se tienen tres de los siguientes enfoques: Ventilación General, local y puntual.

Ventilación o desplazamiento general.

Este tipo de ventilación se debe entregar a cierto nivel: 2.4-3.6 m (8-12 ft), de altura y debe desplazar el aire caliente que es producido y elevado por la maquinaria, equipo, luces y los mismos trabajadores, en cuanto a lo recomendado y haciendo incapié a los requerimientos de aire fresco en función del volumen de habitación y por persona, se muestra la grafica 3-1. La ventilación a nivel general, se recomienda para sitios muy amplios incluyendo fábricas, edificios y tiendas departamentales.

Una regla por aquellos que no conocen nada sobre ventilación, es la siguiente: $8.5 m^3$ ($300 ft^3$), de aire fresco por persona y por hora (un grave error).



Gráfica 3-1 Esta grafica, muestra la relación espacio de trabajo-volumen de aire por persona, sin temor al error en cuanto a la ventilación general.

Para la grafica antes descrita, se utilizan 4 líneas de tendencia de orden 1, las cuales, agilizan la comprensión del tema.

Para la línea No. 1, encontrada en orden ascendente; es decir, la primera línea de abajo hacia arriba, esta, de a cuerdo a la escala de olores y por regla general, determina el uso de aire acondicionado a una velocidad de $14.15 \text{ mm}^3/\text{s}$ ($500 \text{ mft}^3/\text{s}$). Para la línea No. 2, de igual forma en orden ascendente, se tiene una velocidad en cuanto al aire acondicionado de $9.43 \text{ mm}^3/\text{s}$ ($333 \text{ mft}^3/\text{s}$). Para la tercera línea y siguiendo el mismo patrón, la velocidad, del aire acondicionado debe ser de $4.7 \text{ mm}^3/\text{s}$ ($167 \text{ mft}^3/\text{s}$). Por último, para la cuarta línea que es la que se encuentra en la parte superior de la gráfica 3-1, se recomienda una velocidad de $2.35 \text{ mm}^3/\text{s}$ ($83.3 \text{ mft}^3/\text{s}$).

En lo relacionado a la escala de intensidad de olores presentes en una fábrica, se tiene la siguiente descripción:

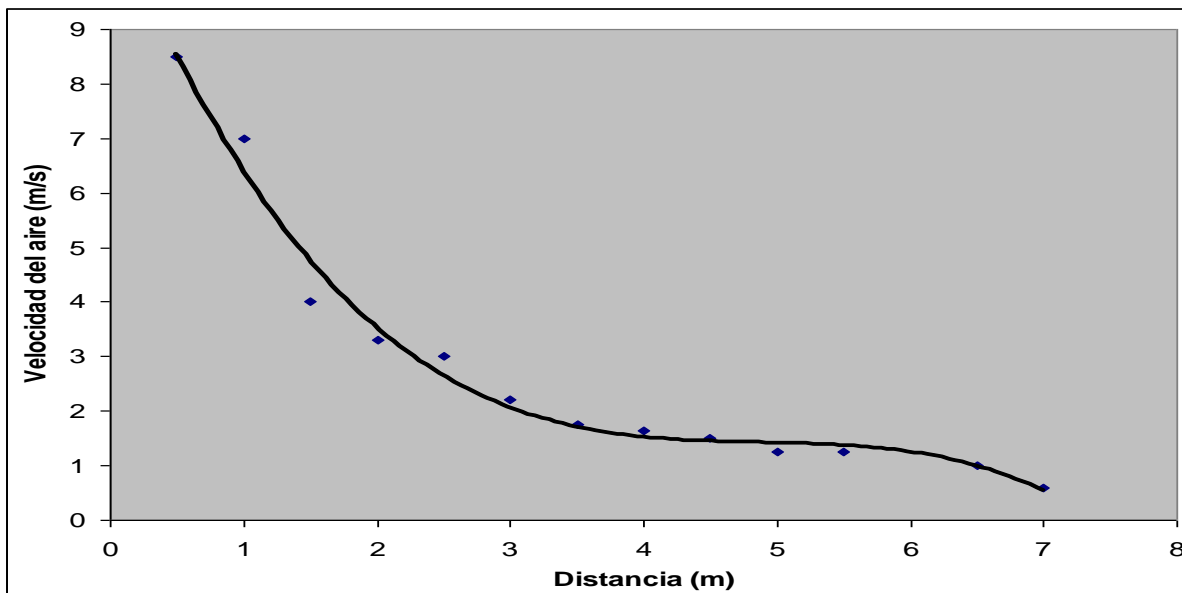
- 0 = No existe ningún olor en el área de trabajo.
- 1 = El olor se encuentra en el ambiente, apenas se percibe su presencia.
- 2 = En esta intensidad, la presencia del olor es moderada y con limitada molestia.
- 3 = La presencia del olor es fuerte, en este valor de intensidad, se sugiere medidas rápidas para contrarrestar el olor presente.
- 4 = En este valor el olor es muy fuerte, y causa ya muy bajo desempeño del operario.

Cabe mencionar que la anterior gráfica y descripción correspondiente, solo va dirigida a determinados espacios de trabajo; los cuales, son de ventilación general, no aplica la grafica a volúmenes cerrados menores a los 2.83 m^3 (100 ft^3), por persona.

Ventilación o desplazamiento local.

En un sitio amplio con solo algunas áreas de trabajo, es poco práctico ventilar todo el área, en este caso, se proporciona ventilación del tipo local a un nivel bajo; si lo amerita, y si es un área de trabajo cerrada como un cuarto de control o la cabina de algún equipo pesado, se hace indispensable el uso de ventiladores con el único fin de mantener una ventilación optima.

Una regla general, en cuanto al uso de ventilador de cualquier tamaño; es que a una distancia de 30 diámetros del ventilador en uso, la velocidad del aire es cero (grafica 3-2), a los puntos trazados en esta gráfica (3-2), se le añade, para una mejor comprensión una línea de tendencia de orden 3, es de observar, que las unidades empleadas en esta grafica para la distancia se expresan en metros (m), y así, los metros sobre segundo (m/s), en cuanto a la velocidad, esto es debido a que se trata exclusivamente, como ya se mencionó, en cuanto a la ventilación o desplazamiento local de lugares no muy grandes (menores a $2.83 m^3$, por persona y no mayores que un edificio pequeño). En cuanto a la grafica 3-2, es de tomar en cuenta, que cuando la distancia es menos la velocidad aumenta rápidamente y viceversa, cuando la distancia del ventilador es demasiada la velocidad decae por mucho.



Grafica 3-2 Relación Velocidad (m/s)-Distancia (m), para la ventilación local.

Ventilación o desplazamiento puntual.

Por último, para lugares de trabajo en donde el calor es excesivo; es decir, la industria del acero y otros metales donde se utilizan hornos de fundición y de tipo refractario y, en general, en lugares con altas temperaturas que afectan la productividad del operario, se recomienda una ventilación o enfriamiento puntual;

es decir, una corriente de aire directa de alta velocidad hacia el operador, lo cual, aumenta el enfriamiento por medio de la convección, tabla 3-13.

Ventilación; tipo exposición continúa	Velocidad del aire <i>m/s</i>	Velocidad del aire <i>ft/s</i>
Área con aire acondicionado	0.26-0.39	0.84-1.25
Estaciones de trabajo fijas; Ventilación tipo general o puntual		
Posición sentado	0.38-0.64	1.25-2.1
Posición parado	0.51-1.01	1.67-3.33
Intermitente, enfriamiento puntual o en estaciones de trabajo		
Cargas de calor ligeras y actividad	5.08-10.16	16.68-33.33
Cargas de calor moderadas y actividad	10.16-15.24	33.33-50
Cargas de calor altas y actividad	15.24-20.32	50-66.67

Tabla 3-13 Esta tabla muestra la velocidad y el tipo de ventilación o desplazamiento, según sea el espacio o sitio donde se realiza el trabajo del operador.

3.5.2 La Vibración y el Entorno Laboral

La vibración es un factor causante de efectos en el desempeño de los operadores y los seres humanos en general, el estar expuesto a las vibraciones cuya amplitud es alta y a una frecuencia baja tiene efectos indeseables sobre los diferentes sistemas, órganos y tejidos del cuerpo humano, los parámetros de vibración son; frecuencia, amplitud, velocidad aceleración y sacudida. En el caso de vibraciones del tipo senoidal, la amplitud y sus derivadas respecto al tiempo son:

$$vm = \frac{ds}{dt} = 2\pi(s)(f)m/s \text{ ----- V1}$$

$$am = \frac{d^2s}{dt^2} = 4\pi^2(s)(f^2)m/s^2 \text{ ----- V2}$$

$$sm = \frac{d^3s}{dt^3} = 8\pi^3(s)(f^3)m/s^3 \text{ ----- V3}$$

Donde: $s = A$ la amplitud o desplazamiento máximo desde la posición estática, y cuya unidad de medida, en este caso, esta dada en metros (m). $f = A$ la frecuencia medida en Hz .

La amplitud y la aceleración máxima, son las fórmulas e índices principales mediante los cuales usados se identifica la intensidad o fuerza de la vibración, así, existen tres categorías de exposición a la vibración:

1. Si se expone una porción primordial del cuerpo del operario, la vibración causa efectos indeseables para la salud; en especial, cuando los sonidos de muy alta intensidad, ya sea en el aire o el agua incitan a la vibración y, esta es transmitida llegando directamente al operario.
2. Se esta expuesto a la vibración, cuando esta se transmiten al cuerpo del operario a través de un área que funciona como soporte; es decir, a través de la espalda de una persona que maneja un automóvil o camión, y también por las extremidades inferiores de un operario de pie junto a una instalación que tienda a vibrar.
3. Se da el caso, en que los operadores manejan herramientas, las cuales, originan vibraciones que a determinado tiempo afectan a la parte específica expuesta, es decir, si un trabajador opera una pistola neumática o eléctrica de alta potencia se esta expuesto a la vibración, para este caso, la parte expuesta son las extremidades superiores.

En general, todos los que trabajan en la industria manufacturera por alguna u otra razón estuvieron, están o estarán expuestos a la vibración, esto no es un gran problema, el problema radica cuando los periodos a los que se expone un operario son largos durante el día, ¿Qué pasa entonces con aquellas personas que manejan durante largos periodos de su vida y por considerables trayectos?, en realidad estas personas tendrían graves problemas de salud, si no es por un detalle que se encuentra en todo automóvil y todo sistema mecánico; se afirma entonces al respecto; el modelo de todo sistema mecánico esta basado en una masa, un resorte y un amortiguador, que combinados entre si dan un sistema con su propia frecuencia natural, cuando más se acerca esta vibración a esta frecuencia mayor es el efecto en el sistema. Es un hecho, que las vibraciones forzadas inducen a vibraciones de amplitud más elevada en el sistema, en este caso, se afirma que el sistema o dicho modelo esta en resonancia.

Los efectos en el estado de resonancia son severos, incluso, la vibración causada por vientos fuertes causa; en muchos casos, derrumbes de los propios y variables puentes que con el tiempo se llegan a desplomar, esto solo es una muestra de lo que es capaz la vibración.

El cuerpo de un operador, al igual que el de cualquier persona tiende a amortiguar las diferentes oscilaciones causadas por la vibración, lo mismo sucede en cualquier sistema mecánico por complejo que sea. En un operador o persona bien erguida y de pie, los músculos de las extremidades inferiores amortiguan mucho las vibraciones, incluso, llegan a amortiguar las frecuencias superiores a los 35 Hz , en otras partes del cuerpo; las oscilaciones por vibración se llegan a reducir hasta 50% , tal es el caso de los dedos y las manos, en los codos un 66% , y para el hombro un 90% .

En cuestiones de tolerancia humana a la vibración, esta disminuye al aumentar el tiempo de exposición, entonces queda claro, que el nivel de tolerancia aumenta si el tiempo de exposición a la vibración disminuye. ISO (*International Standards Organization* – Organización Internacional de Estándares) y ANSI (*American National Standards Institute* – Instituto Nacional Americano de Estándares), se han dedicado desarrollar límites para la vibración que afectan al cuerpo humano, en especial, para el transporte y aplicaciones industriales, dichos estándares especifican los límites en términos de desaceleración, frecuencia y duración, los estudios de estas instituciones tienen como fin mostrar los límites de fatiga en función del desempeño.

Para encontrar los límites de tolerancia y confort en operarios expuestos a las oscilaciones vibratorias, los valores de la aceleración se dividen entre 3.15. Por regla general y en cuanto a los límites de seguridad, los valores encontrados se multiplican por 2. Hoy en día, no se cuenta con límites o valores para las manos y, en general, para las extremidades superiores.

Si un operario se encuentra expuesto a vibraciones de frecuencia baja, es decir, de los $0.2 - 0.7\text{ Hz}$, y con una amplitud elevada, lo resultante es el mareo que se da en demasía cuando se viaja por mar o aire, el principal factor es el movimiento oscilatorio de estos transportes.

Un operario llega a experimentar fatiga con rapidez, cuando este se encuentra expuesto a vibraciones cuya frecuencia va de los 1-250 Hz , los síntomas característicos son; dolor de cabeza, problemas de visión, pérdida del apetito y falta de interés, los problemas posteriores si la exposición es continua, incluyen; control motriz inadecuado, degeneración en el sistema óseo, ya sea en los discos, atrofia en los huesos y artritis.

Las vibraciones que causan las ya mencionadas y últimas afecciones son características propias de la industria del transporte, las vibraciones ocasionadas y transmitidas por camiones con llantas hechas a base de polímeros especiales, y al recorrer carreteras a velocidades normales van de los 3 – 7 Hz , que hay que decirlo, es un intervalo crítico y de cuidado, ya que, bajo estos parámetros de frecuencia el tronco del operario entra pronto en resonancia.

Se da el caso, en que el operador interactúa dentro de planta con una o más herramientas de potencia, lo cual sugiere que las vibraciones a las que está expuesto van de los 40 – 300 Hz , a estas frecuencias; llega la oclusión del flujo de sangre y se afectan los nervios implicados dando como resultado principalmente en las extremidades superiores, el llamado; síndrome de dedos pálidos.

Si el operador realiza sus labores bajo un ambiente frío, el problema es mucho mayor, pues debido a la exposición al frío nuevamente la oclusión en el flujo sanguíneo hace acto de presencia. Para contrarrestar lo anterior, el operario debe realizar sus labores con herramientas amortiguadas; es decir, cambiar los mangos convencionales del instrumental por aquellos que absorben vibraciones como los de plástico y otros polímeros especiales, usar guantes especiales para el trabajo y acolchados, hechos estos a base de materiales que absorben vibraciones. Estas y otras medidas ayudan en mucho a aminorar los efectos que causa la exposición a la vibración.

En lo concerniente a el encargado de planta, este tiene la obligación de proteger a los operarios contra la vibración, esto se logra de varias maneras; las fuerzas aplicadas que producen ondas de amplitud considerable, son las responsables de la vibración en sus primeras etapas, la amplitud de estas ondas se puede reducir si se llega a modificar la velocidad, alimentación, movimiento y

ante todo, se da el mantenimiento correctivo y preventivo correcto a su tiempo; es decir, se balancean y reemplazan las partes que se encuentran en mal estado.

El analista por su parte, debe colocar a la maquinaria y equipo implicado en soportes antivibraciones, entre estos, se mencionan los siguientes: Resortes, elastómeros, juntas de compresión o en su caso; enseñar al operador un cambio de posición en el cuerpo con respecto al ejecutar su trabajo. Con estas medidas, es seguro que las fuerzas implicadas tendrán a decrementar las vibraciones.

Es indispensable reducir el tiempo que los trabajadores están expuestos a la vibración sobre todo, si son los periodos muy prolongados, el ingeniero o encargado, para esto; tiene la opción de turnar las actividades a realizar en cuanto al trabajo en planta, con la el solo hecho de seleccionar a los operadores más calificados, con lo anterior; las vibraciones no afectan tanto a los operarios.

El aditamento de otros implementos que ayudan al fenómeno de la vibración son: Utilizar soportes acolchonados en el cuerpo del operario, pues, estos tienen la peculiaridad de amortiguar las vibraciones de amplitud alta, los sistemas de suspensión para asientos con amortiguadores hidráulicos son otra buena ayuda, los resortes de hojas hechas a base de plástico, soportes de caucho, hule tipo cizalla o barras de torsión también son excelentes. Cuando el operador trabaja de pie y se expone a las vibraciones constantes, un tapete de elastómero suave es la mejor opción para reducir el problema. La exposición a la vibración ocasiona problemas de salud (tabla 3-14).

Frecuencia (Hz)	Parte del cuerpo afectada
3-4	Vértex cervicales
4	Vértex lumbares (operarios de montacargas y camiones)
5	Clavícula
20-30	Entre la cabeza y el hombro
>30	Dedos, manos y brazos (para operarios de herramienta de potencia)
60-90	Glóbulos del ojo (clave para pilotos y astronautas)

Tabla 3-14⁸ Las frecuencias en Hz, y los principales efectos dañinos de la vibración.

⁸ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 259, D. F. México, 2006.

3.5.3 La Radiación y sus Efectos

Los tipos de radiación por medio de ionización dañan sin lugar a dudas los tejidos en los seres humanos, las radiaciones beta y alfa son un problema muy fácil de solucionar, con las debidas precauciones y el equipo de seguridad adecuado.

Debido al fenómeno de la radiación y los efectos adversos en los seres vivos, la investigación al respecto, ha centrado sus esfuerzos en la emisión originada por los rayos gamma que logran alcanzar la velocidad de la luz, cruzar sin ningún problema campos magnéticos y tienen el poder de llegar a atravesar un bloque de hierro con 25 *cm*, de espesor.

Los rayos *X*, descubiertos por el físico alemán Guillermo Conrado Roentgen (1845-1923), fueron y son un gran adelanto en la investigación medicina moderna, por su parte, son un gran problema para aquellos que laboran en los modernos laboratorios de rayos *X*, de la actualidad.

La radiación emitida por los rayos ya mencionados son un gran problema cuando estos haces de alta energía llegan a chocar con metales que se encuentran en el mismo equipo o en los alrededores, pues son altamente penetrantes, lo cual, exige una protección mucho mayor que la producida por el mismo haz electrónico

A la cantidad de energía por la radiación de estos haces electrónicos de manera ionizante, y que llega a distribuirse a una masa o superficie de material determinado tiene una unidad de medida en lo referente a la absorción, así, a la dosis absorbida por dicho material es el *rad*. $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$.

Existe cierta diferencia en cuanto a los por seres humanos u operarios expuestos ambientes con radiación, ya que, los efectos biológicos debido a la variante radiación ionizante no es el mismo que en los metales u otro tipo de materiales, de este modo, la unidad de dosis equivalente en los seres humanos tiene por unidad el *rem*, que da origen a un efecto biológico igual al de una dosis absorbida de 1 *rad*, ya sea debido a los rayos gamma o *X*.

A la cantidad de radiación ionizante originada debido a los rayos gamma o *X*, y localizada en el aire tiene una unidad de medida; el *roentgen*. En lo referente

a la exposición de seres humanos u operarios donde existe un punto o tejido expuesto igual a 1 roentgen, es aproximadamente igual a una dosis equivalente de 1 rad.

Para aquellos expuestos a dosis de radiación por iones en extremo grandes; es decir, mas de 100 *rads*, durante un periodo relativamente corto y con la exposición de todo el cuerpo causa trastornos por radiación, las dosis absorbidas que llegan a los 400 *rads*, es de carácter mortal en la media de los adultos expuestos. Si las dosis absorbidas son de carácter pequeño, pero recibidas durante un largo periodo de tiempo, la probabilidad de contraer cáncer u otras enfermedades es muy alta.

A nivel mundial, el riesgo de contraer cáncer debido a la exposición por radiación, es muy alta y mortal, pues los operarios o personas que han recibido una dosis equivalente a 1 *rem*, es igual, aun factor exponencial de 10^{-4} , dentro de una población determinada; es decir, una persona que recibe una dosis equivalente a un *rem*, tiene una posibilidad de 1 en 10000 personas de morir por cáncer, esta cifra es alarmante, ya que la población a nivel mundial va en aumento ,al igual que las condiciones inseguras y los desastres, que a su determinado tiempo han originado la exposición a la radiación en el medio ambiente.

Los operarios que laboran áreas donde la radiación se encuentra presente y bajo normas de control que tienen el objetivo la protección contra la radiación, en general, tienen un límite de una dosis equivalente de 5 *rem* por año. Por sorprendente que parezca; en áreas donde no hay control respecto a la radiación, el limite de dosis equivalente es igual a los 5 *rem* al año, al mismo tiempo, se da por hecho que trabajar bajo las condiciones y limites anteriores no es un problema grave para la salud.

Todos los individuos, sean operarios o no lo sean, se encuentran expuestos a la radiación por radioisótopos que llegan de manera natural y normal al cuerpo humano, esto debido en primera instancia por la radiación cósmica, la radiación emitida por el mismo planeta que habitamos y los materiales de construcción entre otros. Las fuentes naturales emiten dosis equivalentes aproximadas $0.1 \text{ rem} = 100 \text{ mrems}$, cada año.

3.6 El Mantenimiento y la Seguridad Como Factores Indispensables Dentro del Área de Trabajo

El mantenimiento en una planta es importante, pero más importantes son las reglas a seguir para el óptimo funcionamiento de esta; es decir, no basta con solo mantener limpias las áreas de trabajo y dar mantenimientos correctivos o preventivos a las máquinas implicadas, se tienen que seguir reglas, algunas creadas y estandarizadas por asociaciones internacionales, las cuales, dan la seguridad de evitar verdaderos caos y accidentes en planta, estos conceptos se explican en el tema con el fin de mantener el buen desempeño del trabajador evitando contratiempos y accidentes en áreas donde se labora.

En cuanto al equipo de seguridad, solo se puede desde ahora afirmar una verdad; es totalmente indispensable, pues, esta en juego la vida de un ser humano, además, no es demasiado costoso como se cree o se decía antes, el equipo de seguridad ya es parte del herramental y de la vida diaria de cualquier persona, por estas y muchas más razones se toma este tema que afecta el desempeño del operario en el área de trabajo.

3.6.1 Condiciones de Mantenimiento en el Área de Trabajo

Para el encargado de planta, un punto esencial que no debe de descuidar es el relacionado con el mantenimiento en las áreas de trabajo y en la fábrica en general, ya que, la seguridad y bienestar del trabajador depende por mucho del concepto ya mencionado.

La administración vía el encargado, tiene la obligación y responsabilidad de mantener y controlar en buen estado el entorno laboral y las operaciones implicadas dentro de la fábrica misma, no existe empresa que no tienda a tener el riesgo de un accidente en sus instalaciones, la mayor parte de estos originados por las condiciones de inseguridad que van directamente relacionadas con las áreas físicas de labor y que corresponden a cada trabajador; es decir, el equipo que usa el operario y, en general, las condiciones en las que se encuentra el lugar de trabajo, para lo cual hay que dar mantenimiento.

Al factor accidente dentro de la fábrica hay que darle suma importancia y cuidado y se debe tener en mente una vez identificado, que el peligro esta a la orden del día y surge este en la mayoría de las veces, por la falta de cuidado en las operaciones, la protección inadecuada del equipo, la localización inadecuada de las máquinas involucradas en el proceso de manufactura, las condiciones en las que se encuentra el área de almacén y los riesgos en la recepción de materiales peligrosos, tan solo por mencionar algunas de las más importantes.

Lo referente al mantenimiento en la propia planta y su seguridad; esta consta principalmente de la capacidad de carga, pues, si en las áreas de almacén se llegan a sobrecargar de productos, se vienen en seguida y por consecuencia, muy variados y dolorosos accidentes, se corrige este problema a tiempo si se presentan y se da atención a las señales en cuanto a sobrecarga, tales como; grietas en los muros, vibración en exceso y el desplazamiento de ciertas estructuras.

Es importante dar relevancia a los pasillos en planta, escaleras, almacenes, los techos de las naves, las áreas de descarga y carga, ductos por los que fluyen materiales peligrosos o inflamables, a todos los mencionados y más se les debe de dar la suma importancia y atención. Se debe revisar y asegurar periódicamente; que los pisos no estén disperejos, que no exista obstáculo alguno, no grietas en las paredes adyacentes ni fugas de cualquier tipo, ya sea en la maquinaria o en las instalaciones, los materiales resbalosos se deben evitar en todo momento, pues, el riesgo de un accidente se encuentra presente si no se toman las medidas correspondientes. Lo anterior, hace mención a solo ciertos aspectos de importancia y son validos ya sea para instalaciones de fábricas nuevas, seminuevas o plantas de construcciones viejas.

La desatención sobre las medidas en cuanto a mantenimiento en planta origina numerosos accidentes que cuestan prestigio, dinero, e incluso la vida de un operador. Así, el conjunto de escalones o escaleras debe contar con una pendiente de los 30-35°, y contar con un ancho de 0.24 *m* (9.5 *in*), la altura de estas no debe exceder 0.2 *m* (7.87 *in*). Es indispensable que todas las escaleras

cuenten con barandales y tener una iluminación de 100 lux (10 fc), en su trayecto, también, deben estar pintadas con colores claros para contribuir a la iluminación.

La fábrica debe contar en sus instalaciones con dos salidas de emergencia por lo menos, y estas deben tener en su diseño las medidas previamente dictadas por el Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente del Trabajo, emitido por la secretaría encargada, en el caso de México.

Los estándares a nivel internacional, son de gran ayuda y sobresalen aquellos emitidos por OSHA (*Occupational Safety and Health Administration* – Administración Para la Salud y Seguridad en el Trabajo), la cual, recomienda que la protección adecuada contra incendios debe ser imprescindible, según los estándares y reglamentos de OSHA; tanto plantas como edificios deben contar con extinguidores, sistemas de aspersión, mangueras y la tubería fija necesaria.

Los pasillos en planta deben en todo momento ser lo mas rectos posibles y estar señalizados con esquinas redondeadas o diagonales en su diseño. Si se trata de pasillos por los cuales circulan vehículos o montacargas, estos, deben contar por lo menos con 0.91 m (3 ft), más anchos que el vehículo de mayor tamaño, si se da el caso en que el trafico solo tiene un solo sentido; la medida mínima recomendada es de 0.61 m (2 ft), más ancho que el/los vehículo(s) que transitan.

En cuanto a la iluminación, los pasillos deben estar iluminados con al menos 50 lux (5 fc), es de recalcar que la instalación de suficientes lámparas no asegura una iluminación requerida o adecuada, es indispensable en el caso de la iluminación un mantenimiento preventivo y así obtener el estándar requerido, la limpieza periódica de las lámparas y el reemplazo de focos fundidos son las principales acciones para mantener una buena iluminación en general.

Los colores son indispensables para identificar las condiciones de peligro, la tabla 3-15, en la siguiente página, muestra el mejor uso de los colores dentro del lugar de trabajo.

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE I

Color	Usado en	Ejemplos
Rojo	Equipo de protección contra incendios, peligro, señal de alto	Cajas de alarma de incendios, localización de extinguidores, mangueras de incendios, tuberías de aspersores, latas de seguridad para inflamables, señales de peligro, botones de paro en caso de emergencia
Naranja	Partes peligrosas de máquinas, otros peligros.	Dentro de protecciones móviles, botones de seguridad para activación, orillas de partes expuestas para equipo móvil.
Amarillo	Designar áreas de precaución, peligros físicos.	Equipo de construcción, manejo de materiales, esquinas y orillas de plataformas, fosos, escalones salientes. Se pueden usar cintas negras junto con las amarillas
Verde	Seguridad.	Localización de equipo de primeros auxilios, máscaras de gas, salida de agua de seguridad.
Azul	Designar áreas de precaución contra activación o uso de equipo.	Banderolas de advertencia en los puntos de arranque de las máquinas, controles eléctricos, válvulas de tanques y calentadores.
Púrpura	Peligros de radiación.	Contenedores de material o fuentes radiactivas.
Blanco y Negro	Tráfico y mantenimiento.	Localización de pasillos, direcciones, áreas que rodean equipo de emergencia.

Tabla 3-15⁹ Aplicación de los colores; estándares recomendados por OSHA.

En el caso de las máquinas herramienta, a estas, debe de darse el mantenimiento necesario con el objeto de minimizar la probabilidad de que un operario sufra un accidente mientras labora con ellas. La inseguridad en cuanto a las máquinas, es el factor que más influye si se habla de accidentes en las fábricas manufactureras, dado lo cual, de deben tomar acciones inmediatas, pues, la vida de un operario sea hombre o mujer puede estar en riesgo.

Lo primero es el procurar para el operario el equipo de protección idóneo respecto a la labor que ejecuta, se prosigue con el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria o equipo implicado, así como la revisión y supervisión constante y rutinaria. En la mayoría de las situaciones y para prevenir accidentes la solución radica en la forma en que el operario utiliza la máquina herramienta, pues, es valido cambiar el método en cuanto a la posición del operador cuando

⁹ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 269, D. F. México, 2006.

este realiza su trabajo, o el diseño de la máquina tiene que ser el óptimo para que el operador trabaje siempre en posición de seguridad (diseños ergonómicos), claro que existen excepciones y casos en los que la máquina herramienta, en el que el proceso no permite protección completa, en este caso, es fácil lograr una protección de tipo parcial con el equipo de seguridad adecuado, y contemplar también que la protección completa es en algunos casos de muy alto costo e imposible porque llega a interferir con la manipulación del operario.

Existen siempre varias alternativas, una de las cuales, es el poder automatizar todo el proceso y así liberar por completo al operario del punto de peligro cuando este es muy latente. Otra solución en casos de peligro latente es utilizar un robot que ejecute la operación en lugar del operario, o generar otro método y capacitar al operario al respecto, para que use con facilidad otros aditamentos en la operación, tales como; alimentadores manuales u otros dispositivos tiendan a mantener las extremidades u otras partes del cuerpo fuera del área de peligro.

Introducir un sistema de control de calidad y mantenimiento en el área de almacenaje del herramental es vital, pues, la herramienta se clasifica en función de las verdaderas necesidades de la fábrica y del operario, con esto, sólo se puede dar a los operarios herramientas lo suficientemente confiables y en buen estado, eliminando las herramientas poco seguras y con las cuales no se debe trabajar. La siguiente lista, se da a continuación: Herramientas eléctricas con cables o aislantes en mal estado, sin cables o enchufes con conexión a tierra, herramientas sin filo o con dientes rotos, martillos desgastados o rotos, ruedas de molienda quebradas, manerales, matracas o llaves con desgaste excesivo, dados fisurados o con grietas etc.

Es común y en un porcentaje alto, que las industrias tengan que trabajar con materiales que en potencia son altamente inseguros, dado lo cual, se afirma con toda firmeza que muchos negocios o fábricas usan en la elaboración de sus productos varios químicos de muy alto peligro, si este es el caso, las políticas de la firma vía el encargado de planta, deben contemplar las medidas necesarias, pero ante todo, enunciar en una lista y a detalle cada compuesto químico en uso, al

igual, que determinar los riesgos en su manejo y establecer las medidas de control necesarias para proteger a los operarios y demás empleados, ya que, los efectos a la salud a largo plazo de muchos de estos materiales son desconocidos. OSHA, otros grupos y las mismas compañías, estas últimas, tal vez por experiencia ya los catalogan como un riesgo para la salud y, son las firmas quienes están, tienen la obligación y deben iniciar los planes, así como los procedimientos para el buen manejo de sustancias altamente peligrosas.

Se sabe de antemano, que las sustancias o materiales que causan problemas para la salud e inseguridad en el entorno laboral, se clasifican en tres principales grupos: Materiales corrosivos, materiales tóxicos o irritantes y materiales inflamables, se mencionan cada uno a continuación:

Materiales corrosivos.

Entre estos, se encuentran incluidos varios tipos de ácidos y cáusticos que llegan a quemar o destruir el tejido del cuerpo humano o la parte expuesta al contacto. La afección química adversa de los materiales corrosivos ocurre cuando se está en contacto directo con la piel del operario, o si se inhalan los gases o vapores que llegan a expedir dichos materiales, Con el propósito de evitar el alto peligro potencial resultante del uso indebido de los materiales corrosivos, se dan a conocer los siguientes lineamientos:

1. El encargado de planta, debe tener la plena seguridad y confianza de que el método para el manejo de materiales corrosivos sea el apropiado y previamente probado, con el fin de no tener errores en cuanto a su procedimiento.
2. En el proceso tanto de carga, descarga y operación con este tipo de materiales, se debe de evitar ante todo; el derrame por parte de los involucrados en dichos procesos.
3. El encargado de fábrica tiene la obligación en todo momento, de que los operarios al manejar sustancias del tipo corrosivo, tengan a la mano y usen sin excepción el equipo de seguridad especializado y diseñado para su propia protección, ya sea, al momento de trabajar con estos materiales o al momento de su desecho.

4. La Fábrica, debe de contar de forma indispensable en su unidad de primeros auxilios, con un espacio equipado con todo lo necesario para una situación de peligro, sin excluir duchas para la disolución de sustancias corrosivas, así como el óptimo lavado de ojos, esto, por si un operario llega a exponerse de manera directa ante estos materiales.

Materiales tóxicos o irritantes.

Este tipo de materiales se encuentran en forma de sólidos, líquidos o gases. El manejo cuidadoso de este tipo de materiales es esencial, pues, si un operario esta expuesto de manera constante y directa, viene el envenenamiento o perturbación corporal, ya sea, por medio de la ingestión, inhalación o la absorción a través de la piel. El encargado de planta, debe tener métodos ya estandarizados y a la mano para el buen manejo de estos materiales, se dan a continuación los métodos de control:

1. Si se llegase a suscitar la exposición directa por el/los operario(s), el encargado debe de aislarlo(s), por completo y de inmediato del proceso de manufactura.
2. Debe de existir en planta la ventilación adecuada, más aun, en las áreas donde se trabajan con estos materiales, los criterios anteriores en cuanto a la ventilación son vitales y de gran ayuda.
3. El ingeniero o encargado de planta, debe proporcionar y verificar en cada uno de los operarios; el uso en cuanto al equipo de seguridad se trata, con el objetivo de prevenir accidentes indeseables por este tipo de sustancias toxicas.
4. Los encargados deben de hacer un estudio minucioso en cuanto a la sustitución durante el proceso de materiales tóxicos, por materiales no irritantes, siempre que sea posible y lo amerite.

Materiales inflamables.

Tanto este tipo de materiales como aquellos que presentan una oxidación den demasía fuerte con el medio ambiente que les rodea, representan un grabe peligro en fábrica, ya que son fuentes veraces de incendios y explosiones. Se

llega a presentar una ignición del tipo espontanea debido a materiales si la planta no cuenta con la ventilación necesaria para eliminar el calor, el cual, es el principal agente que da origen a incendios si existe dentro de la planta un proceso de oxidación lenta y no se llega a identificar a tiempo. Una explosión o incendio en fábrica ante todo debe prevenirse, para esto se dan algunas medidas:

1. Todos los materiales combustibles deben descargarse, almacenarse y trabajarse dentro de áreas bien ventiladas, frescas y lo más secas posible. El almacenamiento de estas sustancias, se debe de hacer en cortas cantidades y en contenedores de metal, verificando frecuentemente que estos se encuentren bien sellados.
2. Controlar en planta pero sobre todo en durante el proceso; el decremento en cuanto a la generación de polvos y la liberación de gases o vapores explosivos. Los gases y vapores de este tipo se eliminan eficazmente, a través de la absorción con líquidos y sólidos, la asimilación en sólidos, la condensación, la combustión catalítica y la incineración.
3. Instalar torres de absorción es una medida vital, ya que estas colectan el gas una vez distribuido en el líquido o sólido, los cuales, son los colectores, así, las torres de absorción; tales como, las columnas de lámina con casquetes de burbujeo, las torres de empaque, las torres de aerosol y las arandelas con celdas húmedas son la mejor opción. La variedad de torres de absorción ya mencionadas no solo son las encargadas de coleccionar gases combustibles, también absorben gran variedad de sustancias sólidas como el benceno, el tetracloruro de carbón, el cloroformo, óxido nitroso y acetaldehído entre otros, y que causan severos peligros si no tienen un buen control en ellos.

Existen polvos que se catalogan como combustibles dado lo fácil que llegan a propiciar una explosión, por otro lado, el aserrín no esta clasificado como un polvo explosivo pero si es fácil de incendiarse, sin embargo, si se llegasen a encontrar en el aire vapores inflamables, gases y polvos que si son explosivos en

cantidades suficientes, estos si pueden incendiarse por si mismos causando verdaderas catástrofes.

Existen en la actualidad, limites de concentración máximos y mínimos tanto para gases como para polvos que se encuentran en el aire y llegan a ser causantes de explosiones. Si los limites se siguen al pie de la letra las explosiones no ocurren ni ocurrirán, así, para los polvos ligeros la mínima fuerza explosiva aceptada se da bajo las siguientes medidas, prefijos y unidades; $95.2 \mu Nm^3$ (15 mozft^3). Para polvos pesados, el mínimo nivel de fuerza explosiva aceptada es de $3.2 mNm^3$ (500 mozft^3).

En cuanto a los vapores que expiden los gases y que podrían en dado caso causar una explosión, los valores son mucho más amplios, así, las concentraciones de estos vapores con un 0.5% , por volumen en el aire, son clasificados como limite inferior y si llegase a incrementar la temperatura, este valor tiende en dado momento a disminuir.

3.6.2 El Equipo de Seguridad

Es totalmente inequívoco, que el equipo de seguridad solo se utilice dependiendo de la operación que esta ejecutando el operador, y que la empresa tome en cuenta que la inversión en este tipo de equipo es algo que puede perjudicar sus ganancias. En la actualidad, la mayoría del equipo básico de seguridad se encuentra muy al alcance de la mano, y en las empresas certificadas por las normas ISO, es indispensable no solo por el prestigio, si no por el bienestar del trabajador y la reputación de la empresa en cuanto a los métodos de trabajo, el equipo de seguridad respectivo y las herramientas de trabajo en buen estado.

Los peligros tal vez no se eliminan, pero si estos se presentan los operarios deben contar con un equipo de protección personal; este tipo de equipo incluye anteojos y googles, máscaras especiales según la labor del operario, cascos, delantales especiales, chalecos, pantalones, tapones para oídos, fajas para la espalda, pantalones cubrepiernas, guantes para el tipo de tarea o labor, zapatos o botas especiales, y equipo para respiración.

La planta vía en ingeniero o encargado, debe asegurarse en todo momento que el personal de operaciones use siempre este equipo de protección, y las compañías tienen la obligación de proporcionarlo a los operadores desde el menor hasta el de mayor rango, ya sea que este de por medio cierto costo o sin el. Las políticas de las compañías en cuanto al absorber los costos del equipo de protección personal son muy comunes en nuestros días y es de invaluable valor, pues, este equipo ha salvado a operarios de perder un brazo, una mano, un ojo, dedos, un pie o una pierna, e incluso, lo más importante que puede perder cualquier ser humano; la vida.

Los ejemplos abundan en todo el mundo respecto al tema, y el factor principal es el mismo; un casco salvo la vida o evito un severo trauma craneal, el equipo de seguridad por mínimo que sea debe estar al alcance del encargado de planta y de los operarios a la vez, es inútil, que después de una desgracia o por el mínimo accidente se piense que se debió utilizar antes, o que el operario creía que solo en situaciones especiales era necesario.

El equipo de seguridad para los trabajadores ya es parte del equipo de producción de la planta; incluso, lo debe de ser en la vida diaria, esta al alcance, y al operario no debe tomar la costumbre de utilizar otro equipo que no sea el designado por el encargado de planta, la empresa por su parte, debe de incluir el equipo de seguridad para el operario en planta como requisito indispensable y, de no usarlo el trabajador; una cláusula debe de establecer la pérdida del empleo si el operario se niega a usar el equipo de seguridad que previamente, ya se le ha asignado.

CAPÍTULO

4

ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

- 4.1 Principios de Diseño, Herramientas y Equipo**
- 4.2 Therbligs**
- 4.3 Micromovimientos**
- 4.4 Métodos y Software**
- 4.5 Fórmulas del Diagrama de Proceso Hombre-Máquina**

4.1 Principios de Diseño, Herramientas y Equipo

El analista o grupo responsable, deben ser los encargados de manejar las variables correspondientes a los principios antes mencionados, pareciese que una palanca, una manivela, o una simple máquina de escribir no son de gran importancia, sin embargo; el análisis minucioso y de carácter analítico muestran lo contrario, en cuestiones de estar ya dentro de planta, donde los dispositivos para el trabajo son indispensables y donde se debe de ver la mejora en cuanto a la productividad, las variables cambian, pues, las herramientas y el equipo óptimo aunado al mejor diseño de las labores propicia el cambio casi inmediato, la tecnología con toda seguridad y como lo ha hecho siempre; hace acto de presencia para las mejoras buscadas, no obstante; es el diseñador de las nuevas propuestas y sus colaboradores; quienes son los principales encargados y responsables de tales mejoras buscadas.

Los principios de diseño referentes a las herramientas y equipo, son la tercera y última parte referente a la mejora de movimientos hacia el operario, por lo tanto, no se deben pasar por alto; todo lo contrario, son la base del mejor rendimiento en cuanto a eficiencia se refiere.

4.1.1 Principios Relacionados con el Diseño de Herramientas y Equipo

En la actualidad y sobre todo en planta, no deben olvidarse los requerimientos básicos para obtener la máxima eficiencia y el más alto desempeño, dichos requerimientos son utilizados principalmente por el operador, y este debe valerse del mejor método para conseguirlo, el trabajo en fábrica no solo es ensamblar, si no también armar o en suma manufacturar, debe de existir una verdadera planeación, en donde las políticas de la empresa se comprometan a llevar a cabo los cambios necesarios para la mejora en la productividad. Los principios relacionados con las herramientas y equipo son base fundamental para elevar los índices productivos, se enumeran a continuación.

1. En cuanto a las manos de cada operador, estas deben ser liberadas de toda operación donde se llegasen a utilizar guías, aditamentos u otros dispositivos operados a través de pedales.

Este principio es claro; ambas manos no deben permanecer quietas o estar en contacto con algún dispositivo, incluso cualquier extremidad no puede estar en la posición de sostener durante el procesamiento de una parte o ensamble, la mano, en este caso la que sostiene, no esta siendo de utilidad en el trabajo, para esto existen los dispositivos, pues siempre es útil diseñar un aditamento adicional para sostener, así, la operación se logra de manera mas satisfactoria y con mejor calidad logrando a final de cuentas, que ambas extremidades realicen un trabajo mucho más productivo.

Todos los dispositivos no solo ahorran tiempo durante el proceso del producto, también permiten hacer el trabajo de una forma más exacta y segura, lo anterior es claro; los mecanismos operados con el pie permiten que ambas manos realicen un trabajo más productivo, entonces, un dispositivo eleva la productividad y, para ser exactos elimina el therblig sostener, dado lo cual, el anterior elemento mencionado es de muy poca efectividad. Se concluye también, que los dispositivos ayudan a reducir tiempo y en consecuencia costos.

2. Un operador calificado, en todo momento usa siempre que le es posible la combinación de dos o más herramientas, ya sean estas de potencia o no lo sean.

Una buena planeación en cuanto a la producción y más, si esta es de clase avanzada en referencia a la manufactura, es mucho más eficiente si se incluye hacer una actividad con la combinación de herramientas para un trabajo determinado, claro esta, que el tipo de trabajo que se va a realizar y el número de partes que deben producirse determina si es deseable hacer la combinación de varias herramientas o combinarlas. Por lo general, es más rápido darle la vuelta a una herramienta de dos extremidades que dejar una y tomar otra. Existen muchas combinaciones en cuanto a herramientas se refiere: El martillo y un extractor de clavos, llaves inglesa y española a la vez, lámpara de diodos con destornillador plano o de cruz en el centro, una extensión de luz con foco y contacto integrado,

un lápiz y goma y una pistola de impacto que sirva como taladro y aprieta tuercas a la vez, incluso, el inventor del aparato telefónico utilizó esta idea al incluir transmisor y receptor en una sola unidad.

Existen herramientas del tipo antes mencionado a raudales y demasiado ingeniosas, ideadas por los respectivos fabricantes o por las mismas compañías, y en cualquier parte del mundo, una herramienta de este tipo, es aquella que, como ejemplo; es una llave inglesa y que en su fabricación, esta, el poderse usar como una matraca al momento de atornillar; la llave nunca se quita del tornillo y este se aprieta sin la molesta de sacar y volver a meter la llave para el apriete, otra herramienta reemplaza a una llave y un destornillador, este dispositivo permite instalar el perno o tornillo en la posición debida y, a la vez sujetar la tuerca por medio de la llave que se desliza sobre el destornillador.

Es muy común en la práctica, el utilizar solo el pulgar y los dedos índice y medio, ha de llamar la atención sobre el tema y recomendar que se utilicen igualmente el anular y el meñique, además, la palma de la mano siempre que sea posible. La combinación destornillador-llave permite el uso de toda la mano, el pulgar, el índice y el medio, así se manipula la llave mientras la palma, el anular y el meñique manipulan el destornillador. Una herramienta de potencia del tipo aprietatuercas múltiple y neumática, se puede emplear para apretar a la vez cinco tuercas de una rueda, la herramienta debe quedar suspendida por un cable en posición conveniente para que el trabajo sea más fácil y de mayor eficiencia.

3. Cuando cada dedo del operario ejecute algún movimiento específico como en el mecanografiado, el operar controles específicos o tornos del tipo CAD/CAM, la carga debe distribuirse de acuerdo a las capacidades inherentes de cada uno de los dedos.

Una persona normal y diestra ejecuta el trabajo con menor fatiga y mayor destreza cuando lo hace con la mano derecha que cuando utiliza la izquierda, aunque a la mayoría de los operarios se le puede enseñar a trabajar igualmente bien con ambas manos, en la mayor parte de las operaciones de fábrica, los dedos tienen diferente capacidad para la operación, en general, el aforo de los dedos índice y medio, es superior a la de los dedos anular y meñique.

En la disposición o distribución de las teclas de una computadora y una máquina de escribir, se nota la diferencia en las capacidades de los dedos, y queda expresada también en un estudio realizado para determinar la distribución ideal del teclado de máquinas de este tipo, con el fin de llegar a obtener el rendimiento máximo.

La parte del estudio que interesa más aquí, demuestra que la habilidad de la mano derecha comparada con la izquierda, es de 100-88.87% o, para ser más específicos de 10-9. Esto concuerda con los resultados de otra investigación hecha anteriormente, pero relacionada con los teclados convencionales de las primeras máquinas de escribir. Los datos mostraron la carga ideal de pulsaciones basada en la capacidad de los dedos, los comparativos muestran dicha carga en los teclados de la actualidad. Estos datos arrojan que el índice y el dedo medio de la mano derecha deben soportar la mayor parte de la carga, mientras que al meñique de la mano izquierda le corresponde la más pequeña carga, se aclara también, la carga total de la extremidad diestra utilizando el teclado actual, el cual arroja un valor de 3.4, por tomar un índice de medida. La de la mano izquierda, 4.5; o sea, una relación de 100-131% , cuando ya se mencionó que debe ser del 100- 88.9% , por consiguiente, hay una sobrecarga de la extremidad zurda de 47.7, por 100, comparada con la extremidad derecha.

Del análisis de los datos obtenidos mediante esta investigación, nació la idea de distribuir las teclas de la máquina de escribir y por consiguiente de la computadora, de forma que las letras más frecuentemente utilizadas, se deben de pulsar con los dedos capaces de soportar las cargas mayores, así es, muchos investigadores en este campo sugirieron en su momento teclados nuevos y que son los que actualmente se usan en las PC's modernas. Todo indica que el teclado simplificado; es decir, el idéntico al de la computadora actual, elimina muchos de los defectos del teclado convencional y da muchas ventajas, las cuales son:

1. Es más fácil de dominar por parte del operario, puesto, que el diseño de este teclado aminora el tiempo mediante, el cual, se llega a un nivel de velocidad idóneo en la escritura.

2. Se cataloga a este teclado como rápido, ya que, el operario promedio y acostumbrado al uso alcanza velocidades superiores y en poco tiempo.
3. Es demasiado exacto, puesto que el operador llega a cometer menos errores en comparación con el teclado convencional.
4. Se ha comprobado que es menos cansado, ya que, en su diseño están simplificadas las pulsaciones, adaptando con esto las cargas existentes entre las manos y los dedos, así como sus capacidades relativas.

Con lo anterior, el uso general de teclados simplificados y otros aditamentos es básicamente superior, y deben ser usados en todo momento y en cualquier actividad a la que se dedique cualquier individuo. En México todavía existen muchas empresas donde la máquina de escribir convencional se usa por la mayoría de los empleados, dado lo cual, dicha gestión debe ser relevada por el uso de la computadora y su teclado simplificado en todo momento.

Para los nuevos tiempos en los que vivimos, y en especial atención a la industria de la manufactura, pero en el especial caso de operar las herramientas manuales, la mano aplica una fuerza considerable, estas acciones concentran una gran fuerza de compresión sobre la extremidad completa, y dar como resultado isquemia; que es la obstrucción del flujo de sangre a los tejidos, y va acompañado junto con el adormecimiento y cosquilleo eventual en los dedos.

Los analistas deben de tomar muy en cuenta a las agarraderas, que en este caso, deben diseñarse con grandes superficies de contacto para distribuir la fuerza en un área de gran tamaño, o para dirigirla a áreas menos sensibles como el tejido entre el pulgar y el índice, de igual forma, deben evitarse los canales o relieves para los dedos en las agarraderas, ya que el tamaño de las manos varía considerable y los canales sólo se ajustan a una fracción de la población, las anteriores gestiones en cuanto a diseño; disminuyen notablemente la fatiga y los trastornos óseomusculares en el operario.

4. En la estación de trabajo; las manijas y otros utensilios, como las usadas en las propias manivelas o en otro tipo de herramientas grandes, deben estar diseñadas a manera que entren en contacto con la mano lo más cómodo posible, esto es en especial, cuando se ejerce mucha fuerza al emplear el mango. Para trabajos de montaje ligeros, el mango del herramienta debe estar diseñado a manera que sea más pequeño en la parte inferior que en la parte superior.

Las máquinas herramienta y otros dispositivos, son perfectos y eficientes en su trabajo debido al sentido mecánico en su diseño; sin embargo, esta efectividad no es en su totalidad proporcionada debido al mismo diseñador que en su visión de diseño, y posteriormente en la operación no tomo en cuenta los diferentes factores humanos que hacen la diferencia, entre los que destacan; diseño de volantes, manivelas y palancas entre otros más, deben estos tener el tamaño y la posición adecuados para que el operario las manipule con la habilidad máxima y la fatiga mínima.

Los controles que se usan en estas maquinas, han de colocarse casi siempre entre las alturas del codo y el hombro, con esto los operarios sentados pueden aplicar la fuerza requerida a las palancas posicionadas a nivel del codo, los trabajadores de pie lo mismo, todos los dispositivos deben de situarse a la altura del hombro.

El diámetro de los volantes y manubrios es una medida estándar en su fabricación y dependen del torque que debe aplicar el operador, hay que tomar muy en cuenta si se encuentra el operario en la posición sentado, los diámetros máximos de las agarraderas dependen de las fuerzas que se ejercen; es decir, para una fuerza de $44.5-67\text{ N}$ ($10-15\text{ lb}$), el diámetro debe ser por lo menos 6.4 mm (0.25 in), si la fuerza ejercida es de $67-111\text{ N}$ ($15-25\text{ lb}$), debe usarse un diámetro 1.3 cm (0.5 in), y para 111 N (25 lb), o más, un mínimo de 1.9 cm (0.75 in), no obstante, hay que tomar en cuenta un principio en el cual, el diámetro no debe de exceder los 3.8 cm (1.5 in), y la longitud para el agarre debe ser al menos 10.2 cm (4 in), esto con el fin de poder colocar toda la mano en el mango.

En cuanto a las guías para los radios de manivelas y volantes y en exclusivo, para las cargas ligeras son de: 8-13 *cm* (3-5 *in*), para cargas medianas a pesadas, radios de 10.2-17.8 *cm* (4-7 *in*), y por último, para cargas muy pesadas, radios de más de 20.3 *cm* (8 *in*), pero no se debe de sobrepasar un radio de más de 50.8 *cm* (20 *in*), los diámetros en cuanto a las perillas son ideales si tienen radios de 1.3-5.1 *cm* (0.5-2 *in*), estos estándares de medición tienen que aumentar si se necesitan torques mayores.

5. En el caso de las palancas, crucetas y volantes adyacentes a la estación de trabajo, estos deben de colocarse en posición tal que; el operador pueda manipularlas con el menor cambio en la posición del cuerpo y con la mayor ventaja mecánica.

Algunos fabricantes de máquinas y herramientas comprenden, que es posible construir máquinas que realicen satisfactoriamente sus funciones y, a la vez, sean fáciles de manejar, la cantidad de trabajo que pueden realizar depende hasta cierto punto de la actuación del operario. Cuanto más fácil es el manejo de la máquina mayor es la producción.

Muchas compañías debido a sus necesidades en planta, han innovado e incorporado aditamentos; así, es posible añadir un selector de velocidades a los tornos revólver del tipo universal y semiautomatizado, por citar un ejemplo, con este dispositivo el operario obtiene rápidamente cualquiera de las velocidades de husillo disponibles, su funcionamiento es automático, por lo que, el operario sólo tiene que marcar una posición y la máquina hace el cambio automáticamente para dar la velocidad correcta. Y se puede decir con toda seguridad que el torno o la máquina ya es automática.

Para un operario no debe necesario que deje o cambie su posición normal de trabajo para manipular una determinada máquina; es decir, las palancas, en este caso, deben estar situadas de forma que el trabajador no se vea precisado a retroceder o doblar el cuerpo de forma incómoda para manejarlas. Cuando no se puede conseguir esta condición ideal; debe adoptarse la que más se le aproxime, pues, se sabe perfectamente que las palancas pueden manejarse más eficientemente cuando están en ciertas posiciones y alturas.

Se han llevado muchos estudios referentes al tema pero la mayoría muestra la misma línea; es decir, muestran a detalle y de manera minuciosa la efectividad de las palancas, manivelas y volantes situados en planos horizontales y verticales a tres alturas diferentes del suelo y en la estación de trabajo. Se colocan dichos dispositivos de forma que un dinamómetro indica la fuerza ejercida al empujar y tirar, el objeto de estas pruebas es determinar la fuerza máxima que se llega a ejercer en cada caso, cada uno de los tres dispositivos se ensaya en posiciones determinadas y a escalas tanto vertical como horizontal. Las fuerzas ejercidas por un operario en las escalas anteriores, se sometieron a prueba y a tres alturas diferentes en las que se probaron los dispositivos; esto es a 0.58 m , 0.78 m y 1.08 m .

La palanca en este caso, resulta más eficiente a una altura de 0.78 m , sobre el nivel del suelo y a una posición sobre la vertical, que corresponde al caso, en que la palanca estaba horizontal y el operario tiraba de ella. Un volante tipo manivela resulta con mayor eficacia si se le coloca a una altura de 1.08 m , y en un plano vertical. El operario de pie a un lado del volante y para este caso empujaba con la mano derecha y tiraba con la izquierda.

4.2 Therbligs

En la actualidad, todos nosotros desempeñamos trabajos, para los cuales, necesitamos forzosamente de movimientos ejecutados mediante el cuerpo humano, si se analiza a mayor detalle y con estudios de tipo científico dan como resultado; 17 elementos o therbligs. Estos therbligs o elementos fueron acuñados por primera vez por los esposos Gilbreth, quienes provocaron un salto grande en cuanto a la eficiencia y a la que posteriormente se conocerá como ingeniería industrial.

Actualmente, los therbligs en los diferentes sistemas de manufactura modernos son indispensables, para lo cual, el ingeniero o analista debe hacer un análisis minucioso de cada uno; así como conocerlos perfectamente bien en cuanto a su uso, todo para una mejor propuesta de un método que ya es obsoleto.

Una desatinada decisión en cuanto al uso de therbligs dirigida a una operación de tipo manufactura, equivale a pérdidas de ganancia por parte de la empresa.

Los 17 elementos o therbligs, se dividen en eficientes e ineficientes, todo con el objeto de hacer más fácil su manejo, sobre todo, cuando se hace una mejora ha determinado método propuesto. Toda la teoría al respecto de cada therblig, se presenta a continuación.

4.2.1 Los 17 Elementos o Therbligs Básicos

Todas las labores que un operario efectúa en el ámbito de la manufactura, e incluso, aquellas que se realizan en la vida diaria, tienen como base los 17 elementos o therbligs, para retomar el lenguaje ingenieril, los therbligs se definen en las siguientes líneas de manera más detallada:

1. Buscar (B), o SH (Search).

Se refiere a la parte del ciclo durante el cual los ojos o las manos persiguen o localizan el objeto. Buscar comienza cuando los ojos o las manos principian a localizar el objeto y termina cuando el objeto ha sido localizado.¹

El ingeniero o analista, debe de evaluar minuciosamente a Buscar, los puntos a considerar son los siguientes:

- A. Ante todo, identificar la materia prima, los útiles, aditamentos y en general todo lo necesario en la operación.
- B. Se debe de someter a juicio el uso de colores, etiquetas o señalamientos para la agilizar la operación, esto según la operación.
- C. Tener acceso a la materia oprima de la forma más rápida posible, ya sea en almacén o en producción, para lo cual, el uso de contenedores transparentes da un solución, así como los señalamientos necesarios y correctos.
- D. Realizar una distribución en la estación de trabajo, la cual, debe ser la idónea para que la operación fluya sin interrupciones y así, eliminar al therblig buscar.

¹ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 442, D. F. México, 2001.

E. La iluminación en la estación de trabajo debe ser la adecuada y de acuerdo a normas y en función de la operación que se realiza, por último; el encargado con un análisis cuidadoso debe someter a juicio personal el precolocar de la materia prima, aditamentos y herramental involucrados en la operación y en la estación de trabajo.

Buscar se agiliza, cuando se aplican técnicas con el solo objeto de disminuir el tiempo, en el cual, los ojos o las manos realizan su trabajo, el analista debe usar todo el ingenio posible, incluso y mejor aun, poder eliminar el therblig buscar.

2. Seleccionar (SE), o ST (Select).

Se refiere a la elección de un objeto entre varios. En muchos casos, es difícil, si no imposible, determinar dónde se encuentran los límites entre buscar y seleccionar. Por esta razón, la práctica suele ser combinarlos y referirse a ambos como a un solo therblig seleccionar.²

En el diseño de métodos es indispensable evaluar lo siguiente:

- A. Verificar con toda seguridad, si en el ensamble de partes existe un intercambio de estas más si son semejantes entre unas u otras con el objeto de no caer en retrasos y confusión en el operario.
- B. Tratar de estandarizar el herramental y aditamentos implicados en la operación si es necesario.
- C. Distribuir y organizar los materiales, la materia prima y aditamentos necesarios en la operación, a manera de que estos no ocupen un mismo sitio de almacenamiento.
- D. Precolocar las partes implicadas en los ensambles, de tal modo sean estos fáciles de identificar por el operador; es decir, colocar las partes en rejillas, pequeños contenedores transparentes o con distintivos etc.

² Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 442, D. F. México, 2001.

Seleccionar es más eficiente cuando se evalúa y analiza cuidadosamente, el resultado siempre es una mejor propuesta.

3. Asir (T), o G (Grasp).

Se refiere a apoderarse de un objeto, cerrando los dedos a su alrededor como preparación para sostenerlo o manipularlo. Asir principia cuando las manos o dedos hacen el primer contacto con el objeto y termina cuando la mano ya lo tiene controlado.³

Los puntos a evaluar por el analista son múltiples:

- A. El analista a juicio personal y en base al mejor desempeño del operario tiene por decidir si es mejor tomar más de una parte cuando se ejecuta un ensamble.
- B. Es indispensable el uso y diseño de dispositivos que permiten una mejor sujeción, tal es el caso, en el que usa la fricción o el simple contacto sin llegar al asir completo.
- C. El diseño en cuanto a mejoras en los contenedores es vital, pues ayuda a tomar la materia prima con mayor facilidad, más si esta es pequeña, dado lo cual, el ingeniero debe ante todo, no hacer perder el tiempo al operario cuando en la operación realiza ensambles de partes muy delicadas o pequeñas.
- D. Para optimizar el método, la materia prima, el herramental o las partes implicadas en el ensamble, si es necesario, se tienen que posicionar de tal manera que al trabajador le sea fácil la sujeción.
- E. En determinadas operaciones, el uso de implementos o dispositivos, tales como imanes de alta potencia, sistemas automatizados, semiautomatizados o el simple aditamento a las manos para tener un buen agarre y una buena velocidad son de gran ayuda. Más el implemento de este tipo de dispositivos son a sugerencia del ingeniero, con el fin de agilizar las operaciones en planta.

³ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 442, D. F. México, 2001.

- F. El ingeniero o analista cuando se trata de industrias de manufactura como la automotriz, nunca debe de olvidar el uso de bandas transportadoras o canaletas transportadoras, si es el caso de partes que son de menor tamaño, y todo debe ser a juicio y con base a la labor del operario.
- G. Asir no solo se debe tomar en cuenta al momento de ensamblar una pieza, también son importantes los dispositivos para tomar una unidad terminada de manera eficaz, el ensamblar o desensamblar partes, para lo cual, el analista debe ser meticuloso, pues, los dispositivos para tomar partes que no se han unido, no son los mismos para tomar partes que ya se encuentran unidas.
- H. El analista debe evaluar la previa posición del herramental por parte de un operario, con el objeto de agilizar y hacer las labores más eficientes del siguiente operario en turno.
- I. El encargado de planta tiene la obligación de verificar y evaluar; si el herramental es el apto en cuanto a su diseño, para que la labor del trabajador sea lo más eficiente posible.
- J. Las estaciones de trabajo deben evaluarse en cuanto a sus materiales, en el caso del therblig asir; una capa esponjosa no permite que las partes redondas o pequeñas puedan rodar y se tomen con mayor facilidad.

Se puede observar con claridad, que asir es un therblig de vital importancia, dado lo cual, el analista debe valerse de todos los recursos posibles para lograr la mayor eficiencia.

4. Alcanzar (AL), o RE (Reach).

Se refiere a mover la mano vacía para alcanzar un objeto, se supone que la mano se mueve sin resistencia hacia el objeto o se retira de éste. Alcanzar principia cuando la mano principia a moverse sin carga o resistencia y termina cuando la mano cesa de moverse.⁴

⁴ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 442, D. F. México, 2001.

Dada la naturaleza de este therblig y tanto para el elemento mover, las siguientes preguntas a evaluar son las mismas para los ya mencionados:

- A. En el caso de la economía de movimientos; se contempla que alcanzar es un therblig que toma cierto tiempo en su ejecución al igual que mover, esto indica; que el analista de métodos tiene que eliminar estos therbligs de la operación, más todo va en función de la operación misma y la unidad que se manufactura.
- B. El diseño del método es eficiente, más aun, si las distancias entre el operador y las partes a ensamblar se acortan.
- C. Para el therblig alcanzar; el uso de dispositivos no esta excluido, así, el uso de tenazas, bandas transportadoras, pinzas especiales y otros aditamentos son de gran ayuda en el transcurso de la operación.
- D. Los principios del estudio de movimientos que se refieren al uso del cuerpo humano se tienen que evaluar constantemente, en especial, los que hacen mención a la clase de movimientos; es decir, los movimientos de dedos, muñecas, antebrazo, brazo y hombro, pues, el operador no esta sacando la mayor ventaja si utiliza la parte del cuerpo equivocada para alcanzar una pieza.
- E. Siempre se debe de contemplar el uso de canaletas en la operación ya que son por de mas muy eficientes.
- F. Existen operaciones que requieren transportes de gran distancia, por lo cual, los transportes vía canaletas y mediante sistemas mecánicos convencionales, automatizados o semiautomatizados son indispensables, y estos pueden ser operados a través de un pedal o mediante un control manual, la decisión es del encargado de planta.
- G. El ámbito de la manufactura es muy variable, se dan casos, en los que se necesitan transportar partes demasiado grandes de una estación a otra para que el operador las pueda trabajar, pero es a juicio del analista si estas partes se necesitan transportar de manera rápida o con cierto intervalo de tiempo, todo es a juicio del ingeniero.

H. El diseño de transportar un determinado material a una estación de trabajo determinada, es y se debe hacer a detalle; eliminando ante todo, los cambios abruptos en cuanto a la dirección del material en transporte.

Los renglones anteriores, son validos tanto para mover como para alcanzar. El analista de métodos debe ser cuidadoso de no confundir los therbligs en cuanto a los puntos a evaluar, los therbligs alcanzar y mover son más eficientes cuando los puntos anteriores se individualizan para cada therblig.

5. Mover (M), o M (Move).

Se refiere a mover un objeto de un lugar a otro. El objeto puede ser llevado en la mano o en los dedos, o puede ser cambiado de un lugar a otro deslizándolo, arrastrándolo o empujándolo. Mover se refiere a mover la mano vacía contra alguna resistencia. Mover principia cuando la mano comienza a moverse y termina cuando ésta se detiene.⁵

6. Sostener (SO), o H (Hold).

Se refiere a retener un objeto después de haberlo asido, sin que se registre ningún movimiento en el objeto. Sostener principia cuando el movimiento del objeto se detiene y termina al iniciarse el therblig que siga.⁶

Los puntos clave en el diseño para el analista de este therblig son pocos, pero de vital importancia:

- A. Es necesario el uso de dispositivos para sostener, de esta manera, dispositivos convencionales como prensas, ganchos, espigas, rejillas, algunas abrazaderas, incluso aspiradoras y sistemas automatizados, son vitales para tener una estación de trabajo eficiente.
- B. El analista, debe ser cuidadoso en el diseño de dispositivos y materiales en la estación de trabajo que ayudan a sostener, así, en el caso de partes pequeñas; el uso de la fricción es importante; es

⁵ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 442, D. F. México, 2001.

⁶ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

decir, utilizar cubiertas de materiales que mantengan adheridas a este tipo de partes.

C. El ingeniero en planta y de acuerdo a la operación, da a su juicio y previa evaluación, la implementación de dispositivos magnéticos o imanes potentes que puedan sostener unidades ya terminadas o en proceso de terminación.

D. También existen dispositivos de sujeción doble, los cuales, son de gran ayuda, pues dos partes diferentes se encuentran sujetadas mientras una tercera operación se realiza sobre estas, el ingeniero o encargado es el responsable de este tipo de dispositivos que van en función de la operación.

Sostener parece muy simple, sin embargo, su uso en las diferentes áreas de la industria es muy variado en cuanto a la operación y los diferentes dispositivos que se emplean. En el therblig sostener, la tecnología hace su aparición con mecanismos semiautomatizados y de tipo electrónico e hidráulico.

7. Soltar (SL), o RL (Release).

Se refiere a soltar el objeto. Soltar principia cuando el objeto principia a abandonar la mano y termina cuando el objeto ha sido separado por completo de la mano o de los dedos.⁷

Con respecto a soltar, las propuestas a evaluar por el analista son las siguientes:

A. La planeación es un aspecto importante en el diseño de métodos, de esta manera y para que exista una mayor eficiencia, el analista debe contemplar el therblig soltar en la operación, si es que la pieza a ensamblar se encuentra con o sin movimiento, el uso de dispositivos no esta excluido, al igual, que la mejora en cuanto a productividad.

B. La automatización y la semiautomatización son conceptos importantes, de este modo; se deben diseñar expulsos con las

⁷ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

características ya mencionadas, lo cual, origina una mayor eficiencia en el trabajador.

C. La estación de trabajo y el operario mismo, se verifican constantemente con el objeto de mayor eficiencia en cuanto a diseños, así, el analista o ingeniero se percata constantemente si los contenedores son los idóneos en cuanto a dimensiones dada la operación y el operario, así como los respectivos utensilios y dispositivos.

D. Nunca hay que pasar por alto lo relacionado con la economía de movimientos; es decir; siempre se debe sacar la mayor ventaja una vez que da inicio y termino el therblig soltar y se pasa al therblig siguiente.

E. Un análisis detallado en la operación por parte del ingeniero en planta; da por hecho y por consecuencia una mejora en la productividad, al diseñar dispositivos que puedan soltar varias partes a la vez, todo depende de la operación y juicio del encargado.

El análisis minucioso de soltar conlleva a una buena eficiencia en el trabajador, soltar es un movimiento que debe ser muy rápido dependiendo de la operación, pero siempre con el fin de ganar el menor tiempo y el mayor desempeño.

8. Colocar (P), o P (Position).

Consiste en voltear o acomodar un objeto en forma tal que quede orientado adecuadamente para ser ajustado en la colocación para la cual se intenta. Es posible colocar un objeto durante el therblig mover. Colocar principia cuando el objeto ha sido colocado en la posición o lugar deseado.⁸

Colocar es indispensable en las labores del operario, por lo cual, el analista evalúa si es necesario hacer cambios para obtener la mayor eficiencia:

A. Colocar se agiliza cuando se utilizan dispositivos convencionales como embudos, guías para la materia prima, retenes canaletas,

⁸ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

- ménsulas giratorias, espigas, rebajes, seguros o chaflanes, todo lo anterior va en función de la operación.
- B. Se debe tener sumo cuidado en el diseño del producto o unidad terminada, sobre todo en las especificaciones de ensamble y tolerancias, esto, con el objeto de obtener un fácil ensamble por parte del operador.
 - C. El uso de plantillas agiliza la eficiencia para el therblig colocar; es decir, diseñar un plano donde se colocan única y exclusivamente los objetos para el ensamble o la unidad para que pueda terminarse con mayor rapidez.
 - D. La extensión o el mal diseño del producto es un punto a considerar, pues, se da el caso en que los aditamentos; tales como, arandelas, tornillería accesorios que están de más dificultan el posicionamiento de las partes a ensamblar.
 - E. El ingeniero no puede pasar por alto el diseño de las partes a ensamblar, y vigilar ante todo que estas no tengan dificultad para el operario, así, un buen diseño permite que los objetos queden en la posición correcta para después efectuar el ensamble, tal es el caso de las partes que son puntiagudas o de tipo espiga.

El analista debe ser cuidadoso y muy ingenioso para sacar el mayor provecho de este therblig.

9. Precolocar (PP), o PP (Preposition).

Se refiere a ubicar un objeto en un lugar predeterminado o a colocarlo en la posición correcta para algún movimiento posterior. Precolocar es lo mismo que colocar, excepto que el objeto se sitúa en la posición aproximada en que se necesitará después. Por lo general se usa un soporte, un gancho o un recipiente especial de cierta clase para retener el objeto en una forma que permita asirlo con facilidad a la posición en la cual se necesitará después. Precolocar, es abreviatura del término usado para precolocar para la siguiente operación.⁹

⁹ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

Cinco, son los principales puntos a evaluar por parte el analista para un método eficiente en el que precolocar ha de aplicarse, la evaluación de este therblig es muy importante en el desarrollo de la operación:

- A. Los dispositivos para precolocar son vitales, de esta manera, no se deben desechar aquellos que se refieren al herramental y que en determinado momento llegan a efectuar una sujeción, con vistas a que el operario pueda manipular la herramienta con la mayor facilidad y efectividad.
- B. Existe otro tipo de dispositivos mecánicos y sencillos; como aquellos que logran mantener suspendido el herramental o la materia prima, esto agiliza la operación y hace más eficiente la estación de trabajo.
- C. El uso de guías hace posible que la materia prima o los objetos a ensamblar tengan la posición idónea para el siguiente movimiento del operario, más su uso es a juicio personal del analista o ingeniero.
- D. El uso y diseño de dispositivos de almacenamiento no se deben descartar, principalmente lo referente al diseño, pues, un buen diseño logra la mayor eficiencia al mantener a la mano y al menor movimiento la pieza con miras al siguiente trabajo.
- E. Los dispositivos giratorios son de gran ayuda para precolocar; sin embargo, es una decisión del analista el implementarlos en el método u operación.

Para el analista precolocar debe significar la misma importancia que colocar, la decisión en cuanto a la operación que se efectúa puede redituar en el máximo desempeño o en tiempo perdido por parte del operario.

10. Inspeccionar (I), o I (Inspect).

Consiste en examinar un objeto para determinar si cumple o no con el tamaño, forma o color estándar, o con otras características predeterminadas. La inspección puede emplear la vista, el oído, tacto, gusto o el olfato; es preponderantemente una reacción mental y puede ocurrir en forma simultánea con

otros therbligs. Inspeccionar principia cuando los ojos u otras partes del cuerpo comienzan a examinar el objeto y termina cuando el examen ha terminado.¹⁰

11. Ensamblar (E), o A (Assemble).

Consiste en colocar un objeto sobre otro del cual forma parte integral. Principia cuando la mano comienza a mover la parte en su lugar en el conjunto y termina cuando la unión se ha completado.¹¹

12. Desensamblar (DE), o DA (Disassemble).

Consiste en separar un objeto de otro del cual es parte integral. Comienza cuando la mano principia a quitar una parte del conjunto y termina cuando la mano ha separado por completo la parte del resto del conjunto.¹²

13. Usar (U), o U (Use).

Consiste en manipular una herramienta, dispositivo o pieza de un aparato con el propósito para el cual fue hecho, y puede referirse a un número casi ilimitado de casos en particular. Representa el movimiento para el cual el movimiento anterior ha sido más o menos preparatorio y para el cual los movimientos que siguen son complementarios. Usar principia cuando la mano comienza a manipular la herramienta o dispositivo y termina cuando la mano cesa la aplicación.¹³

Para la evaluación del therblig usar, se deben considerar lo siguiente:

- A. El analista debe ser minucioso y a detalle hacer un análisis, para con esto tomar en cuenta aquellos dispositivos que ayudan al therblig usar, sobre todo especificar que tipo de dispositivo y la contribución a la eficiencia para con el operador y la estación de trabajo.
- B. El tipo de operación tiene la última palabra en cuanto al uso de equipo sea este mecanizado, semiautomatizado o automatizado. La productividad se debe de mantener al igual que la eficiencia.

¹⁰ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

¹¹ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

¹² Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

¹³ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

- C. El ingeniero o encargado del método, debe esclarecer necesariamente el posible ensamble de unidades múltiples y, cual es el equipo e implementos a usar, hay que destacar que la eficiencia y productividad aumentan con el ensamblado de unidades múltiples.
- D. Un buen ingeniero o analista debe siempre mirar a las mejoras futuras, de esta forma, su objetivo es verificar una y otra vez la utilización del herramental mas eficiente, lo mismo para los dispositivos y el equipo todo con vista a la mayor productividad en la operación.
- E. La capacitación del operario es parte fundamental para este therblig, así, un operador calificado sabe como usar el herramental designado; es decir, la velocidad en la ejecución, la alimentación de maquinas, los movimientos adecuados entre otros, son la forma practica de conservar y acrecentar la eficiencia.
- F. La operación determina el uso del equipo o herramental para usar, dado lo cual, se implementa en la operación herramientas del tipo mecánico o eléctrico o de otro tipo, el ingeniero tiene la última palabra al respecto.

El therblig usar es de mucha importancia, la optimización de usar radica principalmente en la tarea del operador, una mala desición por parte del analista para usar equivale a un método no muy confiable, por lo que se debe adecuar a las necesidades de la unidad a producir para la mejor eficiencia.

14. Demora inevitable (DI), o UD (Unavoidable delay).

Se refiere a las demoras fuera del control del operador y puede ser el resultado de: una falla o interrupción en el proceso o una demora provocada por un arreglo de la operación que impida el trabajo de una parte del cuerpo en tanto los demás miembros están ocupados. Demora inevitable principia cuando la mano detiene su actividad y termina cuando la vuelve a reasumir.¹⁴

¹⁴ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

15. Demora evitable (DEV), o AD (Avoidable delay).

Se refiere a cualquier demora del operador y de la cual él es el responsable y sobre la cual tiene control.¹⁵

16. Planear (PL), o PL (Plan).

Se refiere a la reacción mental que precede al movimiento físico; es decir, decidir cómo proceder con el trabajo. Principia cuando el operador comienza a trabajar el paso que sigue en la operación y termina cuando el procedimiento que va a seguirse ya ha sido determinado.¹⁶

17. Descanso por fatiga (DES), o R (Rest to overcome fatigue).

El descanso por fatiga excesiva es un factor de fatiga o de demora, o tolerancia que se proporciona para permitir que el trabajador se recupere de la fatiga provocada por su trabajo. Descanso principia cuando el operador deja de trabajar y termina cuando reanuda su trabajo.¹⁷

Debido a las condiciones en planta y a las del propio operador, alguna vez se tiene que presentar un descanso por fatiga. Las causas pueden ser múltiples, pero el analista es el encargado de que un descanso por fatiga no aparezca frecuentemente en su área, por lo que deben de evaluarse cuando se hace presente, los siguientes incisos:

- A. El analista no debe dejar de contemplar los principios relacionados con el estudio de movimientos, pues, se da el caso, en que la fatiga es experimentada por el operario debido a que la clasificación de cada movimiento no es la óptima y resalta la fatiga muscular.
- B. Los principios relacionados con el sitio de trabajo son muy a tomar en cuenta, principalmente los factores indirectos que afectan en determinado momento el desempeño del operario; es decir, la temperatura, humedad, ventilación, ruido, iluminación y otras

¹⁵ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443, D. F. México, 2001.

¹⁶ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 443-444, D. F. México, 2001.

¹⁷ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 444, D. F. México, 2001.

condiciones de trabajo son de analizar cuidadosamente, ya que originan fatiga.

- C. La altura de la silla y los bancos del operario deben tener la altura necesaria para el buen desempeño en la estación de trabajo.
- D. Hay que considerar la posición del operador en la operación, pues, el alternar posiciones como el estar parado y sentado; eleva el índice por fatiga en el trabajador.
- E. Los medios para transportar carga deben ser los aptos para aminorar la fatiga. El uso de equipo semiautomatizado es de gran ayuda y su implemento no se debe descartar, por otra parte, la capacitación del operario en cuanto al procedimiento correcto al cómo manejar cargas pesadas, tiene que ser el más eficaz de lo contrario, el descanso por fatiga es inevitable.
- F. La fatiga en el trabajador no solo se presenta por trabajo excesivo o por las condiciones en planta, cada trabajador debe ser consiente de que su alimentación sea la adecuada; es decir, el promedio diario de calorías y otros nutrientes que ayudan al buen desempeño en su labor son indispensables.

A pesar de que la palabra descanso suena muy cómoda y se piensa en un instante que, en efecto, descansar es la mejor medida contra la fatiga, se tiene que atender otros factores externos que involucra el descansar en los operarios.

El analista tiene la responsabilidad de velar no solo por el método adecuado, el operador tiene gran importancia en este tema, así, la pericia e ingenio por parte del analista tienen que salir a flote para contrarrestar este therblig.

Cada uno de los 17 therbligs juega un papel fundamental para el analista, pues dentro de estos existen algunos que si bien son necesarios e indispensables cuando se trabaja, pueden no ser tan útiles en la labor que se realiza, por lo que también existe una clasificación de los elementos mencionados, se muestra en las siguientes líneas.

4.2.2 Clasificación de los Therbligs

Como parte del análisis de Los movimientos empleados en la manufactura, los Gilbreth llegaron a la conclusión que todo trabajo o proceso sea productivo, o no lo sea, se realiza usando una combinación de los 17 therbligs, el génesis de su nombre yace en la palabra Gilbreth escrito al revés. Para el mejor uso de los therbligs en cuanto a los analistas, estos se clasifican en eficientes e ineficientes.

Cabe recalcar, que el estudio de movimientos es un análisis cuidadoso y minucioso de los movimientos del cuerpo empleados al hacer determinado trabajo o labor, el propósito de tales estudios; es eliminar o reducir los movimientos que son ineficientes y facilitar el uso y velocidad de los movimientos que en verdad si son eficientes. A través de estudios minuciosamente detallados y referentes a los movimientos y con la solida base establecida por la economía de movimientos, hoy en día se diseñan y reinventan las operaciones para lograr mayor efectividad, eficiencia, productividad, así como la producción estándar esperada más elevada.

La identificación y clasificación de los therbligs eficientes son una gran aportación en el progreso del trabajo y la ingeniería industrial, dichos therbligs se acortan si es necesario, pero no se pueden eliminar del todo en las operaciones.

Todos los trabajos y acciones que se realizan durante el día en planta tanto nosotros como los operadores parecen muy sencillas, y todas se pueden dividir en therbligs. Las personas en su mayoría consideran a sus labores propias como algo muy fácil de realizar cuando se esta familiarizado con ellas; sin embargo, si se dividiesen cada una de estas en therbligs, la lista es demasiado larga, así, el analista debe ser muy cuidadoso en cada uno de sus métodos y estudios donde utilice los elementos tanto eficientes como ineficientes.

Los therbligs ineficientes no avanzan el progreso de una operación, y deben eliminarse mediante la aplicación de los principios respectivos a la economía de movimientos. Los therbligs junto con sus símbolos y definiciones se muestran en las tablas 4.1 y 4.2

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

Therbligs Eficientes:

Therblig	Símbolo	Símbolo en inglés	Color representativo	Símbolo grafico
Tomar (Asir)	T	G (Grasp)	Rojo lago	
Mover	M	M (Move)	Verde	
Soltar	SL	RL (Release)	Carmín	
Precolocar en posición	PP	PP (Preposition)	Azul cielo	8
Desensamblar	DE	DA (Disassemble)	Violeta claro	#
Ensamblar	E	A (Assemble)	Violeta oscuro	#
Usar	U	U (Use)	Púrpura	U
Alcanzar	AL	RE (Reach)	Verde olivo	

Tabla 4-1 Nombres símbolos y colores de los therbligs eficientes.

El análisis de therbligs, requiere un gran número de anotaciones aunque no lo parezca, si se necesitan 10 therbligs para la tarea tan simple de un universitario como subrayar un texto en un libro, considérense ahora todos los que están comprendidos en un trabajo industrial complejo; sin embargo, las tareas o trabajos se pueden reducir usando las abreviaturas como en la forma de taquigrafía de los diagramas de proceso, por citar un ejemplo, este tipo de diagramas se ve más adelante junto con el uso de software especial y la hoja de calculo Excel. En la siguiente hoja aparece la tabla 4-2.

Therbligs ineficientes:








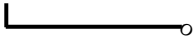

Therblig	Símbolo	Símbolo en inglés	Color representativo	Símbolo gráfico
Buscar	B	S (Search)	Negro	
Seleccionar	SE	ST (Select)	Gris claro	
Planear	PL	PL (Plan)	Castaño o café	
Sostener	SO	H (Hold)	Ocre dorado	
Colocar en posición	P	P (Position)	Azul	
Inspeccionar	I	I (Inspect)	Ocre quemado	
Demora inevitable	DI	UD (Unavoidable delay)	Amarillo ocre	
Demora evitable	DEV	AD (Avoidable delay)	Amarillo limón	
Descansar	DES	R (Rest overcome fatigue)	Naranja	

Tabla 4-2 Nombres, símbolos y colores de los therbligs ineficientes.

4.3 Micromovimientos

Existen detalles inherentes en el análisis de therbligs, que han generado expectativa en el pasado, y todavía; hay interacciones hacia un estudio aún más detallado del movimiento. Con el uso de técnicas de carácter cinematográfico el campo del análisis de métodos se conoce como estudio del micromovimientos.

Los esposos Gilbreth fueron los verdaderos pioneros en el estudio de movimientos, y desarrollaron las leyes básicas de la economía de movimientos que todavía se consideran fundamentales, también fueron responsables del desarrollo detallado de estudios muy precisos sobre los movimientos; conocidos estos como estudios de Micromovimientos, que hay que decirlo, han resultado

invaluables en el estudio de operaciones manuales altamente repetitivas. Estos estudios, hablando en el sentido más amplio, cubren tanto el estudio realizado por simple análisis visual, como los que usan un equipo más costoso.

En tiempos pasados y por tradición, se usaban cámaras de cine, para nuestros días la cámara de video esta muy al alcance y tiene la exclusividad por su habilidad para regresar, y ver de nuevo las secciones, se puede congelar la imagen en videograbadoras, que por muy obsoletas que sean tienen cuatro cabezas (VCR), y están hechas para el solo propósito de grabar, además, se cuenta con computadoras y con dispositivos de muy alta calidad, eliminando así, el revelado de películas de otros tiempos; sin embargo, este tipo de estudios conlleva un alto costo, por lo cual, los micromovimientos se utilizan solo para los trabajos muy activos y con alta repetitividad.

Los métodos tanto el ciclográfico como el cronociclográfico, son de comparación fácil y el objetivo es observar cada detalle de la operación como un químico lo hace al observar con un microscopio, el detalle adicional son las imágenes tan intimas de cada movimiento, para este caso, sólo es necesario esta técnica en los trabajos más productivos.

Anteriormente y en un principio, los estudios de micromovimientos se registraban en un diagrama de movimientos simultáneos denominado simo, y los estudios de movimientos en un diagrama de proceso bimanual. El diagrama simo ya no se usa en la actualidad y suele confundirse con el diagrama de proceso bimanual.

4.4 Métodos y Software

En el caso de la industria, pero en especial para la mejora de una operación y un mejor nivel de productividad, son indispensables e invaluables los métodos; es decir, modelos matemáticos diseñados como la herramienta correcta del analista, con miras a una nueva la labor del operario o el mejorar el método en dado caso.

En el estudio de movimientos se utilizan los diagramas (modelos matemáticos), en especial los diagramas de proceso, ya que estos muestran a

detalle cuales son las acciones a seguir y los pasos que se pueden mejorar, pero ¿Que son en realidad los diagramas de proceso?

Los diagramas de proceso no son otra cosa que métodos gráficos, que tienen por objetivo describir y discernir un trabajo en particular y la forma correcta en su ejecución, sin olvidar claro, que dentro de la industria un operador realiza sus labores de manera ordinaria pero bajo estrictas condiciones óptimas, y bajo un entrenamiento antes de iniciar las operaciones cotidianas dentro de planta.

Un buen analista del estudio de movimientos examina con detalle y precisión, pero ante todo con miras de mejorar el proceso, por consecuencia de estas mejoras a futuro, se pueden predecir las mejores ganancias y productividad. Ya que el ingeniero concluyó su investigación y mejoras, realiza las propuestas necesarias en cuanto al proceso pero plasmadas a través de diagramas de proceso. Los diagramas de proceso más empleados en la industria, son los siguientes:

1. Diagrama de flujo del proceso.
2. Diagrama de proceso bimanual.
3. Diagrama de proceso de la operación.
4. Diagrama de proceso hombre-máquina.

Todos los diagramas antes mencionados son métodos, por cuyo medio, se vale el analista para la mejor propuesta de los métodos ya existentes, se mencionan cada uno ellos en el orden ya preestablecido, al igual que las técnicas y software para construirlos.

4.4.1 Diagrama de Flujo de Proceso.

El diagrama de proceso muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales, que se usan en un proceso de manufactura o de negocios desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado, así como, un plano muestra detalles de diseño: Ajustes, tolerancias y especificaciones, el diagrama de proceso proporciona detalles de manufactura o de negocios a simple vista.

Un diagrama de flujo del proceso como se mencionó, es un método gráfico mediante el cual se describe una secuencia de actividades realizadas en una

determinada operación, tales actividades se dividen en categorías: Operaciones, almacenamientos, transportes, inspecciones y demoras, las cuales, a su vez son representadas por símbolos.

El analista antes de comenzar con el diagrama de proceso; observa cuidadosamente y en la respectiva estación de trabajo la manera en que el operador ejecuta sus labores, el paso siguiente es registrar la información que proporciona dicho trabajo. El diagrama debe contar con espacio suficiente para la descripción de cada una de las operaciones, para lo cual, existe en el diagrama las columnas para cada símbolo. Los símbolos siguientes son los que se utilizan en los diagramas de flujo de proceso:



Operación.



Almacenamiento.



Transporte.



Demora.



Inspección.

Para el analista, estos símbolos, la toma de tiempos y el análisis minucioso de movimientos durante el flujo de un proceso, ocasiona que el propio analista eleve los therbligs en cada operación, sean estos de menor número, o simplemente sean los necesarios, lo anterior esta en función del mejor método. Los símbolos se definen de la siguiente manera:

1. Operación.

Una operación es un cambio en un producto, un ensamble de partes, o la preparación de un producto para otra operación, almacenamiento, transportación o inspección. Por ejemplo, si se mezclan productos alimenticios, o se unen componentes electrónicos, o si se ensamblan partes antes de ser despachadas, se trata de una operación.¹⁸

¹⁸ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 446, D. F. México, 2001.

2. Almacenamiento.

Un almacenamiento es cuando un producto se guarda en un lugar determinado sin estar sujeto a operaciones, transportaciones o inspecciones. Por ejemplo, partes en inventario, productos terminados y las herramientas en el almacén de herramientas representan un almacenamiento.¹⁹

3. Transporte.

Una transportación implica el movimiento de un producto u operador de un lugar a otro. Por ejemplo, existe una transportación cuando se mueven las partes a la zona de montaje, o cuando se mueven los productos de una estación de trabajo a otra.²⁰

4. Inspección.

Una inspección implica la revisión de un producto en términos de sus características. Por ejemplo, las dimensiones de las partes pueden inspeccionarse antes de moverlas a una zona de montaje, o los productos terminados pueden revisarse para ver si se apegan a los estándares de calidad que se han fijado para tal producto.²¹

5. Demora.

La demora se presenta cuando no se puede ejecutar ninguna otra actividad. Por ejemplo, las partes en un depósito que esperan ser procesadas, los documentos que esperan atención en un archivo y los productos terminados que esperan ser empaquetados, representan demoras.²²

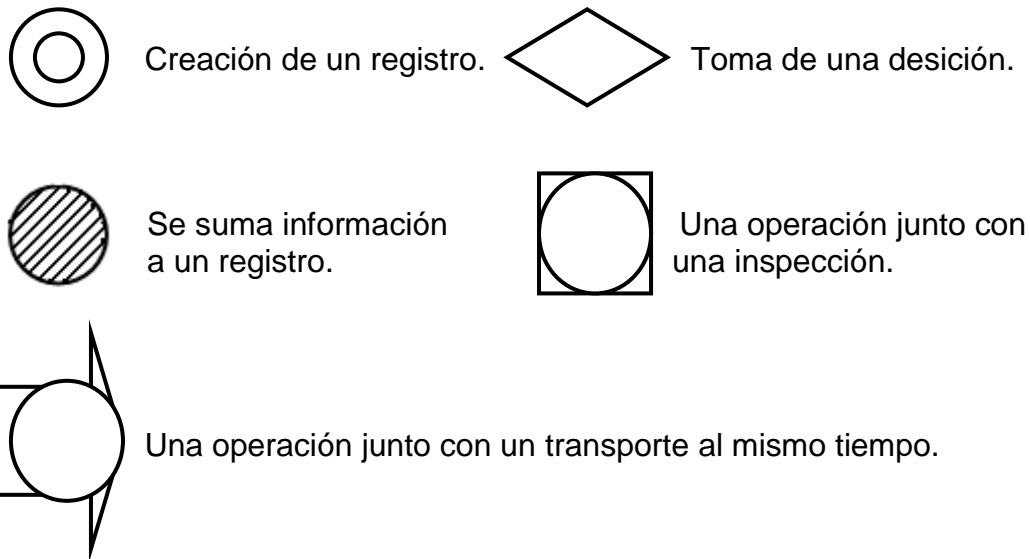
Además de los símbolos antes mencionados, existen otros símbolos no estándar que se utilizan, en este caso, para operaciones de documentación o de apoyo y en esencia para operaciones combinadas. Los símbolos antes mencionados son los siguientes:

¹⁹ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 446, D. F. México, 2001.

²⁰ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 446, D. F. México, 2001.

²¹ Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 446, D. F. México, 2001.

²² Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., Pág. 446, D. F. México, 2001.



Los diagramas de flujo de proceso, en su uso más común los hay de dos tipos: De producto o material y operativos o de operador. El diagrama de producto proporciona detalles de lo que ocurre al respecto de un producto o material. El diagrama operativo da a conocer a detalle; el cómo realiza un operador una secuencia de operaciones.

En el diseño de un diagrama de flujo de proceso, este se debe de identificar con un título: Diagrama de flujo de proceso, acompañado por la siguiente información: Número de parte, número de dibujo, descripción del proceso, método actual o propuesto y el nombre del ingeniero que lo ejecuta.

Los datos secundarios o adicionales y de importancia incluyen; planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad y costo, en general, todos son valiosos para identificar el proceso y operación al que se refiere el diagrama.

En la secuencia del proceso, el analista asienta sobre la forma del diagrama la descripción marcando el símbolo indicado, los tiempos de proceso, las demoras, las distancias de los transportes si los hay, y los almacenamientos, después conecta los símbolos de los eventos en el orden secuencial con líneas de arriba hacia abajo. En el diseño de los diagramas de proceso se coloca una columna en la parte derecha proporcionando, así, espacio para que el analista describa comentarios o recomendaciones de cambios importantes para la mejora.

Existe un método que determina la distancia recorrida por determinado material; de esta forma, se mide con total exactitud cada movimiento de transporte con un flexómetro, en general, se llega a la verdadera exactitud sí se cuenta el número de columnas, si existen claro esta, por las que pasa el material al momento de transporte, después se multiplica por el espacio entre cada una de ellas y por último se resta una columna.

La regla de diseño menciona que los movimientos en cuanto a transporte de 1.5 m (5 ft), o menos no se registran en la forma; sin embargo, se opta por lo contrario si el encargado a su decisión y juicio personal concluye que afectan el costo total del método. Todos los tiempos de cada símbolo deben de incluirse en el diagrama de flujo de proceso.

Las demoras y almacenamientos son muy importantes en el diagrama de flujo de proceso, si una parte o material se demora en demasía de tiempo por estar almacenado, el costo es elevado, acumulativo, mayor es la espera para la entrega del producto terminado y lo mas delicado; la ganancia se ve afectada para la firma.

Para evitar tales contratiempos por demoras de almacenaje, es importante registrar con el software idóneo cada entrada de almacenamiento, así como marcar la materia prima o partes indicando la hora exacta en que llego al almacén, a continuación, la verificación debe ser periódica y por último registrar la hora en que la materia prima ingresa a al área de producción. Al hacer una comparación de las partes marcadas con similitud de fechas, se registra el tiempo transcurrido, se obtiene entonces el promedio de esos tiempos, y así, el analista puede obtener valores lo suficientemente exactos, una vez terminado el diagrama de flujo de proceso, el encargado puede estudiar el diagrama y hacer mejoras.

El énfasis analítico del diagrama de flujo de proceso consiste en la evaluación y análisis de cada una de las actividades de la operación y se deben considerar los siguientes criterios, tales como:

- A. El ingeniero o analista, sabe reconocer que en la operación las actividades son múltiples, y la eliminación de una o varias de ellas tiende a mejorar el método, por lo cual, el análisis en el proceso tiene que ser minucioso.

- B. La combinación de actividades en el proceso siempre promueve la eficiencia; sin embargo, la mención de lo anterior esta sujeta al tipo de labor del operario.
- C. Las mejoras no se hacen esperar, es por esto, que la vigilia en cuanto al proceso da indicios de si es necesario el cambio en determinada labor, posición, o secuencia de las operaciones.
- D. Un buen ingeniero o analista debe tener en mente preguntas como las siguientes; ¿quién?, ¿qué?, ¿por qué?, ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿cómo?, entre otras. Estas agilizan el desarrollo nuevas propuestas para una mejora en las operaciones y procesos, de igual manera, dichas preguntas generan un variado número de ideas y de nuevos enfoques para un determinado problema.

Si se han contemplado mejoras y estas ya se encuentran establecidas junto con mejores propuestas, se elabora un nuevo diagrama de flujo del proceso que indica la secuencia mejorada de las operaciones involucradas, el analista, en este caso, de nuevo tabula el número de las nuevas operaciones, almacenamientos, transportes, inspecciones y demoras, así como la distancia total y el tiempo total contemplado de cada movimiento en la materia prima.

Lo siguiente; es la comparación entre el diagrama nuevo con las nuevas propuestas y el anterior o de la secuencia original. El resto, es presentación a la gerencia de la nueva propuesta y los notables beneficios sobre todo en ganancias y costos del nuevo método.

Los diagramas de proceso son de gran importancia en la industria, tal es el caso; de los sistemas más actuales de producción, por ejemplo, el sistema de producción llamado Sigma (σ), y muy en especial en su fase definir, es donde se identifican los posibles y factibles proyectos de sigma, que deben ser evaluados por la dirección.

En el sistema Sigma y muchos otros, pero para aquellos que se apoyan en la hoja de cálculo y software más especializado, el diagrama de flujo de proceso consiste en una representación gráfica enfocada a las distintas etapas de un proceso de fabricación, gestión administrativa o de servicios, consideradas las

anteriores en orden secuencial. En el diagrama se sitúan las entradas, salidas del proceso y la secuencia de acciones y decisiones a tomar por el personal implicado en el proceso.

Los diagramas de flujo de proceso suelen utilizarse para mejorar el entendimiento común de un proceso, estandarizarlo, documentarlo e identificar sus puntos de medición y fuentes de variación, como se ha dicho, el diagrama de flujo de los procesos se utiliza en la fase definir, es decir, al inicio del estudio de los procesos con vistas a su diseño y planificación. Para cada proceso debe estar claro su comienzo, su contenido y su finalización; así como el nivel de detalle con que se va a representar, el diagrama de flujo se completa cuando a juicio unánime del grupo de trabajo, se encuentren incluidas todas las etapas del proceso de modo correcto.

En un diagrama de flujo de proceso deben incluirse sólo las operaciones necesarias, teniendo presente su coste y valor añadido, nunca se deben incluir actividades redundantes. Hay que tener presente que una vez realizadas determinadas acciones, se debe dedicar especial atención a los símbolos del proceso analizando su longitud o número de repeticiones. También es conveniente definir claramente el principio, el contenido y el fin del proceso; es decir, establecer sus límites, así como utilizar el menor número de símbolos posible, asegurarse de que estos no rebasen la redundancia cíclica y de que cada símbolo de operación tenga una sola línea de flujo.

La representación de un proceso por medio de un diagrama de flujo no tiene por que ser única, y su forma más correcta es aquella que mejor representa el proceso y que lo hace más inteligible.

Para la representación y diseño de un diagrama de flujo de proceso en una computadora, se utilizará en esta tesis la hoja de cálculo Excel y el software especializado Design Tools.

Para dar una vista muy en general, de cómo se utilizan los diferentes símbolos implicados en la construcción de un diagrama de proceso utilizando la hoja de cálculo Excel, se tienen las siguientes instrucciones:

La hoja de cálculo anteriormente mencionada contiene un grupo de ilustraciones dentro del menú Insertar, el cual, permite utilizar en la hoja actual imágenes, formas y elementos denominados SmarArt, a través de la opción formas del menú Insertar del grupo ilustraciones, se pueden insertar en la hoja de cálculo formas previamente diseñadas llamadas comúnmente autoformas; tales como rectángulos, flechas, círculos, líneas, diagramas de flujo y otros símbolos, es de observar, que hay una sección específica de símbolos de diagramas de flujo.

Las autoformas son dibujos básicos generados por líneas, curvas, rectas y formas básicas, que dentro de Excel tienen la propiedad de cambiar de tamaño y deformarse, incluso de unirse con otras autoformas.

Excel las agrupa en categorías que se observan en sus diferentes menús, para insertar una autoforma en la hoja, se elige su categoría y se da clic sobre ella, a continuación se hace nuevamente clic en el punto del documento donde se quiere insertar y, sin soltar el dedo se arrastra hasta una nueva posición, con el arrastre se ve cómo se va pintando la autoforma y cómo va cambiando el tamaño. Cuando se suelta el dedo del ratón la figura se habrá dibujado, si se quiere mover de lugar junto con un objeto seleccionado, se coloca el puntero del ratón sobre el mismo y cuando se convierta a la flecha, con las cuatro flechitas negras de movimiento, se hace clic y se arrastra.

El cambio rápido de la autoforma es como sigue; se sitúa el cursor en uno de los círculos blancos que hay en las esquinas y lados del rectángulo invisible que engloba a la autoforma, y cuando el puntero se convierta en dos flechas negras opuestas, es que se puede hacer clic y arrastrar la autoforma para cambiar el tamaño por el lado o por la esquina elegida.

Si se quiere girar la autoforma con respecto a su centro geométrico, se tiene el controlador de ajuste verde, que en esencia, es un círculo que sale de la parte superior de la figura con una pequeña línea pegada, al acercar el puntero sobre el círculo verde; este cambia de icono a una flecha que gira sobre sí misma, después se da clic y se puede arrastrar.

Cuando se presentan las líneas discontinuas, se dibuja lo que será la autoforma soltando el botón izquierdo del ratón, si se llega a perder la selección

de la autoforma sólo se tiene que hacer clic sobre ella hasta que aparezcan sus controladores de ajuste; es decir, los círculos blancos y verdes.

Muchas autoformas son tan básicas que no muestran el controlador de ajuste de giro, como las flechas, de esta forma y para girarlas, se tiene que hacerlo con la opción herramientas de dibujo que aparece siempre cuando se trabaja con una autoforma, a partir de las opciones de esta opción se gobiernan todos los trabajos con autoformas.

Como un ejemplo de lo anterior, se construye a continuación un diagrama de flujo de proceso utilizando la hoja de cálculo Excel, con los siguientes datos:

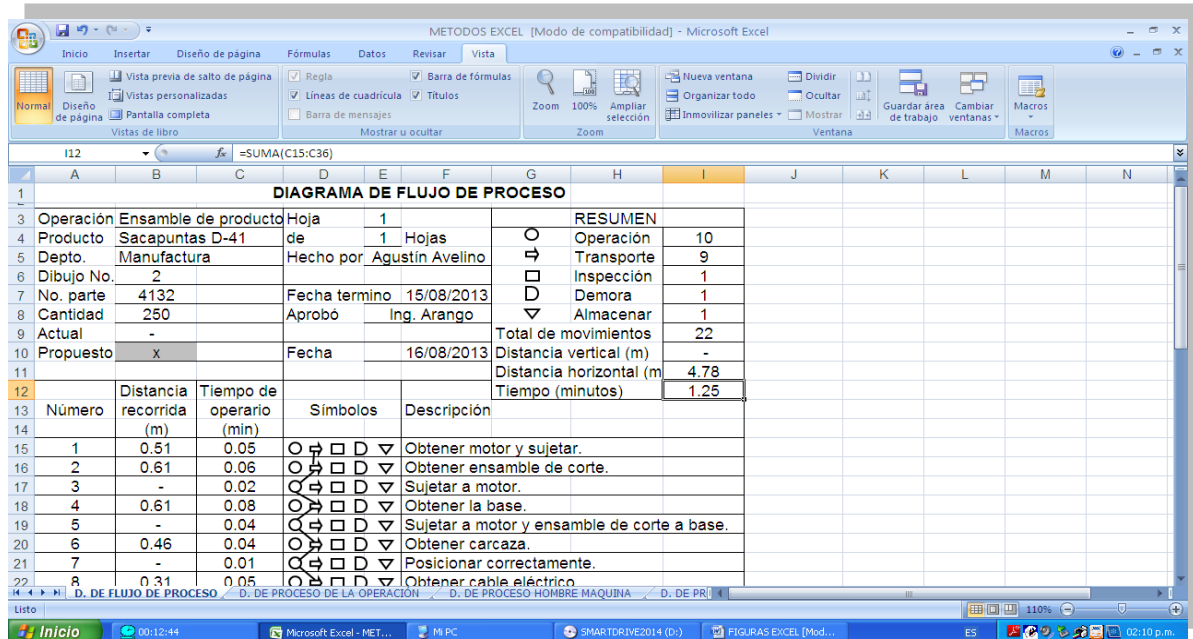
Descripción de la tarea	Distancia recorrida (cm)	Tiempo necesario (min.)
1. Obtener motor y sujetar.	51	0.05
2. Obtener ensamble de corte, sujetar a motor.	61	0.08
3. Obtener la base, sujetar a motor y ensamble de corte a base.	61	0.12
4. Obtener carcaza, posicionar correctamente.	46	0.05
5. Obtener cable eléctrico, insertar en carcaza.	30	0.07
6. Colocar unidad de carcaza al lado de la unidad base, conectar cable eléctrico al motor.	15	0.10
7. Sujetar unidad de carcaza a unidad de base utilizando tres tornillos.	30	0.25
8. Colocar cuatro patas de hule a la base.	38	0.15
9. Obtener charola de virutas, insertar en unidad.	51	0.06
10. Posicionar unidad, conectar a prueba eléctrica.	30	0.08
11. Esperar prueba, detener si la unidad falla y suena la alarma.	-	0.07
12. Colocar la unidad en empaque, cerrar empaque, colocar en tolva.	61	0.16

Tabla 4-3²³ Datos para el ensamble de un sacapuntas eléctrico modelo D-41.

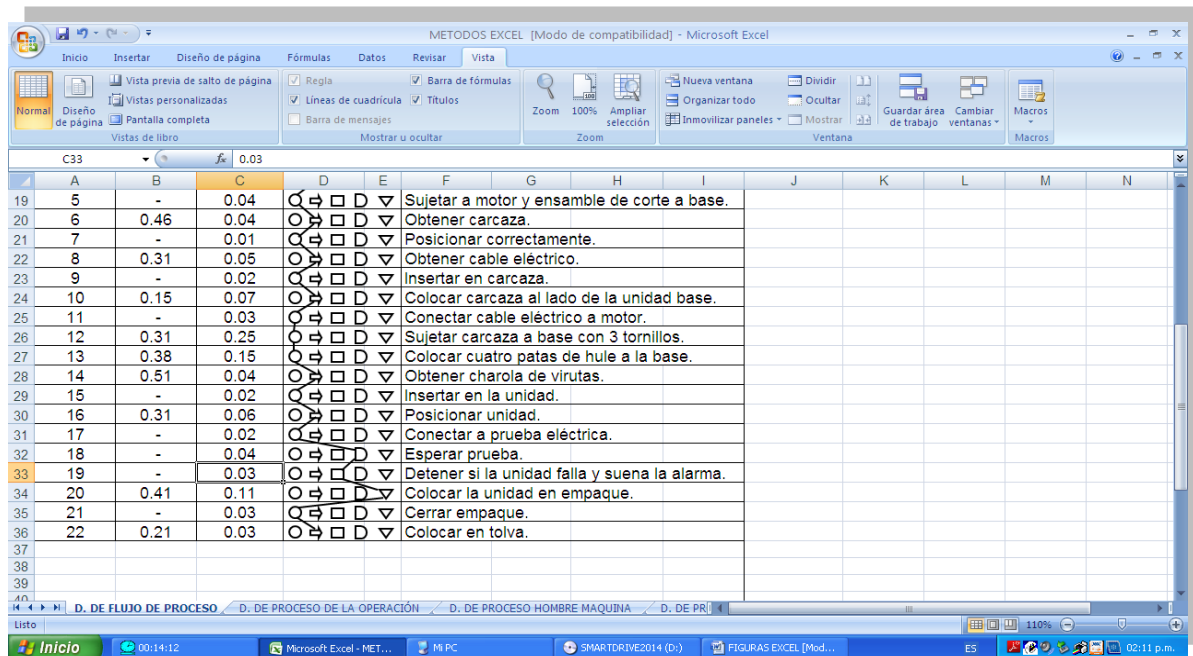
²³ Gaither, Norman, Fraizer, Greg, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S. A. de C. V., 8ª Ed., Pág. 153, D. F. México, 2003.

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

A determinado momento en que haya defectos en la unidad ya terminada, se tiene que repetir el proceso hasta que la unidad esté libre de todo defecto, en cuyo caso, se elabora un informe de lo acontecido. Se muestra el diagrama de flujo del proceso construido con Excel (graficas 4.1 y 4.2).



Gráfica 4-1 Primera parte de un diagrama de flujo de proceso para el ensamble de un sacapuntas eléctrico (tabla 4-3), Hoja de cálculo Excel 2007.



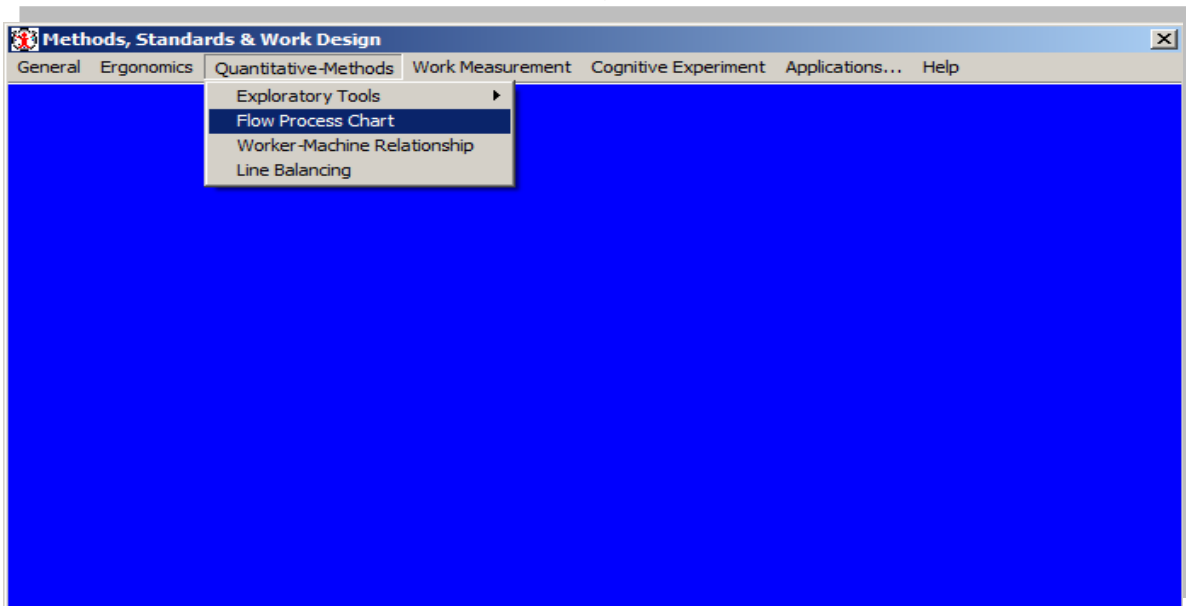
Gráfica 4-2 Parte baja del diagrama de flujo de proceso mencionado en la figura anterior.

Utilizando las autoformas a través de la opción formas del menú Insertar del grupo ilustraciones, se puede representar sobre la hoja de calculo Excel, el diagrama de cualquier proceso, adicionalmente, a través de la opción SmarArt del menú insertar, se crean todo tipo de gráficos y otro tipo de formas de ese estilo.

Dando un clic sobre el botón SmarArt se accede a la ventana galería de diagramas que presenta varios tipos de estos, una vez dentro se navega por los diagramas y se determina cuál es el que se adapta mejor a las respectivas necesidades, una vez elegido uno, se inserta en la hoja de cálculo y puede ser modificado y completado a medida de las necesidades propias.

Como una segunda opción para la construcción de un diagrama de flujo de proceso, se ocupa el software especializado: Design Tools 3.0.

Un diagrama de flujo de proceso, también puede ser representado y hecho por medio del software especializado Design Tools. Las instrucciones para un diagrama de flujo de proceso se dan a continuación: Design Tools 3.0, presenta en su ventana de inicio (Methods, Standards & Work Design), siete menús, de los cuales, se escoge el menú Quantitative-Methods, una vez dado clic en esta opción aparece la opción Flow Process Chart (figura 4.3).



Gráfica 4-3 Ventana de inicio de Design Tools y la opción para construir el diagrama de flujo de proceso.

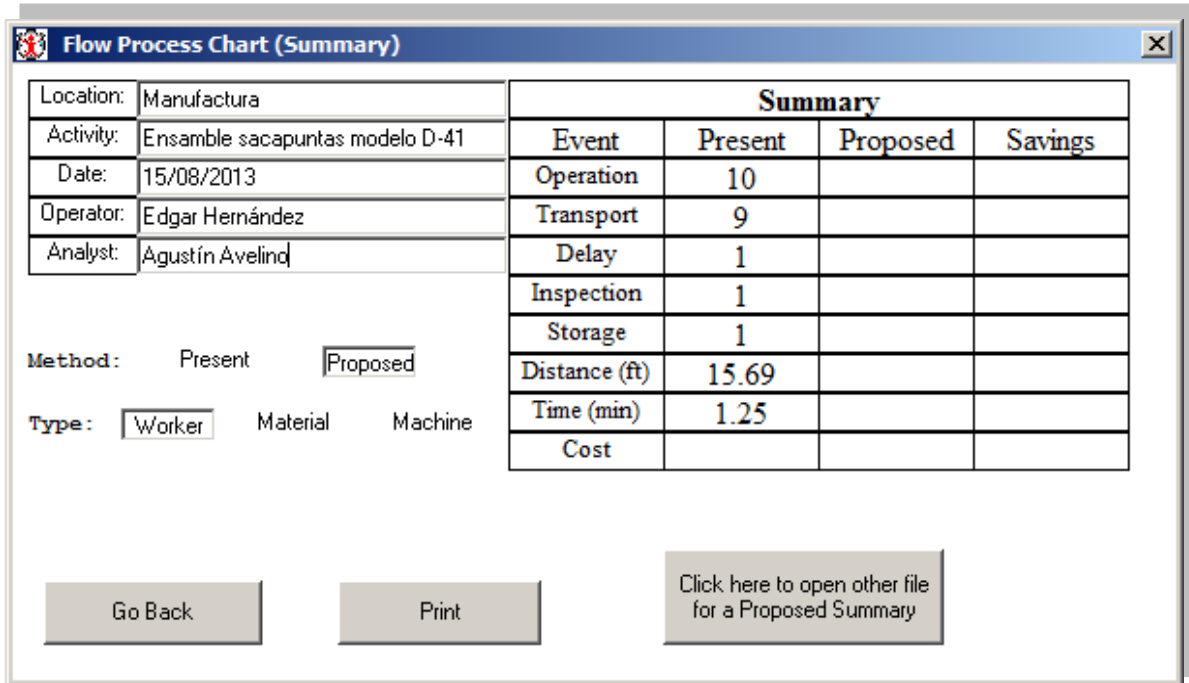
CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

Pulsando con el ratón la opción Flow Process Chart, aparece la ventana donde se encuentra la hoja lista para ser llenada y dar paso así, a la construcción del diagrama de flujo de proceso (figura 4-4). En este caso, se llena la ventana antes descrita con los mismos datos que se utilizaron para construir el diagrama de flujo de proceso en la hoja de cálculo Excel (tabla 4-1).

Process Description	Chart Symbol	Dist. in Feet	Time (min)
Obtener motor y Sujetar.	Transportation	1.67	.05
Obtener ensamble de corte.	Transportation	2	.06
Sujetar a motor.	Operation	0	.02
Obtener la base.	Transportation	2	.08
Sujetar a motor y ensamble de corte a base.	Operation	0	.04
Obtener carcasa.	Transportation	1.51	.04
Posicionar correctamente.	Operation	0	.01
Obtener cable eléctrico.	Transportation	1.02	.05
Insertar en carcasa.	Operation	0	.02
Colocar unidad de carcasa al lado de la unidad base.	Transportation	.49	.07
Conectar cable eléctrico a motor.	Operation	0	.03
Sujetar carcasa a unidad de base utilizando tres tornillos.	Operation	1.02	.25
Colocar cuatro patas de hule a la base.	Operation	1.25	.15
Obtener charola de virutas.	Transportation	1.67	.04
Insertar en la unidad.	Operation	0	.02
Posicionar unidad.	Transportation	1.02	.06
Conectar a prueba eléctrica.	Operation	0	.02
Esperar prueba.	Delay	0	.04
Detener si la unidad falla y suena la alarma.	Inspection	0	.03
Colocar la unidad en empaque.	Storage	1.35	.11
Cerrar empaque	Operation	0	.03
Colocar en tolva.	Transportation	.69	.03

Gráfica 4-4 Construcción de un diagrama de flujo de proceso, con el uso de Design Tools 3.0

Por último, solo queda saber el resultado de la carta presentada en la gráfica 4-4, el resultado se obtiene pulsando el recuadro Show Summary; aparece entonces la ventana que muestra los resultados finales del diagrama de flujo de proceso, para esto se muestra a continuación la figura 4-5.



Gráfica 4.5 Resultado final del diagrama de flujo de proceso para el ensamble del sacapuntas eléctrico modelo D-41. Design Tools 3.0

4.4.2 Diagrama de Proceso Bimanual.

Al diagrama de proceso bimanual se le conoce y denomina por otro nombre; es decir, diagrama de proceso del operario, el cual, es un método indispensable en el estudio de movimientos, mas si se trata de operaciones que son muy repetitivas. Este diagrama muestra a detalle todos los movimientos involucrados en cada operación, así como los retrasos realizados en los que llega a caer el operario, tanto de la mano derecha como la izquierda y lo mismo es con las relaciones existentes entre los diferentes therbligs y la máxima eficiencia de ambas extremidades.

El fin y objetivo principal del diagrama de proceso bimanual, es representar una operación dada con la suficiente información a detalle para posteriormente ser analizada, mejorar la operación y por consiguiente el proceso, en general, no es lógico realizar un estudio a detalle del proceso mediante un diagrama del tipo bimanual, a menos, como ya se mencionó, estén de por medio operaciones manuales muy repetitivas.

Con la elaboración de los diagramas de proceso bimanuales y un análisis en extremo minucioso, se tienen que identificar patrones de relevancia de movimientos tanto eficientes como ineficientes, y se pueden observar con facilidad si existen o no los principios referentes a la economía de movimientos.

Un diagrama de proceso bimanual bien hecho, da por resultado mejores propuestas, a manera que se logre una operación con las dos extremidades en forma balanceada y con el fin de eliminar los movimientos ineficientes, el resultado es un ciclo de mayor productividad y calidad, con mayor ritmo y que mantiene al mínimo tanto las demoras como la fatiga del operario.

Los datos e información indispensable que no puede faltar en el diseño de un diagrama de proceso bimanual, son los siguientes: Numero de parte, número de dibujo, descripción de la operación o el proceso, método actual o propuesto, fecha y el nombre de la persona que realiza el diagrama.

El analista, tiene que hacer un dibujo en forma de bosquejo y que corresponde a la estación de trabajo junto con la materia prima y a escala. El dibujo o bosquejo representa al método que ya se esta estudiando, lo siguiente es identificar la operación por completo en la estación de trabajo y con las debidas condiciones promedio y óptimas, una vez hecho esto; el analista ya puede comenzar a diseñar y elaborar el diagrama de proceso bimanual.

Existen reglas en cuanto a la construcción del diagrama de proceso bimanual, de esta forma, lo primero que debe atender el ingeniero o encargado, es el cronometrar la duración de cada ciclo, pues es la base para determinar el tiempo de cada proceso, este tiempo se plasma en la forma del diagrama pero en centímetros y conforme al espacio vertical existente en el diagrama, de esta manera, si la operación tiene un tiempo de ciclo de 0.90 min. y hay 17 cm, verticales de espacio en el diagrama, cada espacio de 0.5 cm, es igual a 0.027 min.

Es recomendable para los analistas responsables de la ejecución de estos diagramas; graficar primero todos los therbligs implicados de una extremidad y después identificar el logro realizado por la otra extremidad.

No existe un orden preestablecido o regla al respecto, o qué parte del ciclo se toma como punto de partida en la operación, más se recomienda por regla general iniciar el diagrama con respecto a su ciclo después del therblig soltar; es decir, cuando se suelta la unidad terminada, para este caso, las extremidades izquierda o derecha son las encargadas del siguiente movimiento, por lo tanto se identifica así como el primer movimiento.

Si para la mano derecha de un operador, el siguiente therblig implicado es alcanzar una nueva parte, el analista tiene que observar que el therblig alcanzar conlleva un tiempo promedio para el operario de 0.025 min. Si es el caso, el periodo ya mencionado se indica con una línea horizontal en el extremo correspondiente a la mano derecha del diagrama y a 0.5 cm de la parte superior, pero después de los datos indispensables del diagrama.

En el espacio que hace referencia a los símbolos se escribe el símbolo del therblig, que en este caso es AL (alcanzar). Si el movimiento es efectivo e idóneo para la operación en la parte derecha del símbolo se da una breve descripción del therblig, como: Alcanzar una tuerca de 1/2 in a 20 cm, abajo de esto, se muestra el siguiente therblig y así sucesivamente hasta dar con fin del ciclo.

Al describir cada una de las actividades de cada extremidad durante el ciclo completo, se tiene que verificar que los puntos finales de los therbligs ocurran en un mismo instante; lo anterior, es un proceso para buscar errores al momento de realizar el diagrama.

Los therbligs involucrados en el diagrama de proceso bimanual deben tardar el tiempo suficiente para poder ser medidos, ya que existen casos en donde no es posible medir cada therblig individualmente. En el caso de aquellos therbligs que en la operación no es posible medir de forma individual, un aditamento adicional como la cámara de video es necesaria, con esto, se llega al tiempo real de therbligs muy pequeños y a los que el analista tiene que hacer frente en determinada operación.

Un buen analista que cuenta con un cronómetro con décimas de minuto, tiene la opción de aproximar los tiempos individuales de cada therbligs dividiendo el tiempo de cada uno de estos en intervalos iguales; sin embargo, cabe la

posibilidad de que algunos de estos elementos estén muy cercanos a cero. Es aquí, donde la película por medio de una cámara de vídeo puede medir tiempos tan cortos en el proceso.

Terminado el diagrama de proceso bimanual, se efectúa la suma de los tiempos tanto efectivos como inefectivos que corresponden a cada extremidad y therblig involucrado. Por último, se registra el tiempo de ciclo de toda la operación así como la unidad totalmente terminada.

En el análisis del diagrama de proceso bimanual, se ve con toda claridad y verdad si es necesario adicionar un dispositivo de sujeción a la estación de trabajo, pues, se da el caso en que una mano tarda demasiado tiempo en sostener una pieza cuando las dos manos deben estar en constante actividad. Otra de las ventajas es el poder eliminar therbligs, ya que, es posible instalar una canaleta que bote la pieza o la deje caer en una banda de transporte.

Si es el caso de una nueva propuesta; es decir, el diseño y finalización de un diagrama para la mejora de un método ya obsoleto y existente, se tienen que describir las mejoras y alcances del nuevo método, para lo cual, los siguientes puntos son muy a considerar, se enuncian a continuación:

1. En base a la economía de movimientos, se tiene que esclarecer la eficiencia, esto, en el punto referente a la mejor y más óptima secuencia de cada movimiento y therblig considerado.
2. Los tiempos en cada therblig son de gran importancia y trascendencia, por lo cual, cualquier cambio o variación de este debe verificarse y esclarecer el motivo de tales variaciones en cuanto a tiempo.
3. El estudio minucioso de la nueva propuesta no debe pasarse por alto, y no debe de existir duda en cuanto al nuevo procedimiento, si llegasen a existir dudas al respecto; se tienen que identificar, eliminar y aclarar.
4. El ingeniero o encargado como principal objetivo; debe cuidar que el tiempo de ciclo completo sea lo más corto posible en su realización, lo mismo para el tiempo de cada therblig y, verificar ante todo minuciosamente y a detalle las desviaciones de tiempo en cada movimiento, identificar las causas y eliminarlas.

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

Los diagramas de proceso bimanuales, son métodos eficaces y de gran efectividad, para los siguientes objetivos:

1. Balancear los movimientos de ambas manos y reducir la fatiga.
2. Reducir o eliminar los movimientos no productivos.
3. Disminuir la duración de los movimientos productivos.
4. Capacitar a nuevos operarios en el mejor método propuesto.
5. Vender el método propuesto.²⁴

La hoja de calculo Excel en sus distintas versiones, es muy útil para la construcción de un diagrama de proceso bimanual, se presenta a continuación, los datos para construir un diagrama de proceso bimanual.

Operación de ensamble para un termómetro modelo 245-B.

Descripción de la tarea	Distancia recorrida (cm)	Tiempo necesario (min.)
1. Obtener la base, orientar en la posición correcta	61	0.08
2. Obtener circuito, fijar a la base	46	0.06
3. Obtener arnés de cableado, conectar a base y a circuito	51	0.17
4. Posicionar la unidad, conectar a prueba de circuito	30	0.10
5. Esperar prueba de circuito, parar si falla la unidad o suena la alarma	-	0.15
6. Obtener ensamble de despliegue y fijar a la base	46	0.06
7. Fijar arnés de cableado al ensamble de despliegue	-	0.05
8. Obtener carcasa exterior, sujetar a la unidad de base	51	0.08
9. Posicionar la unidad, conectar a la prueba final	30	0.10
10. Esperar la prueba final, detener si falla la unidad o suena la alarma	-	0.20
11. Colocar la unidad en empaque, cierre empaque, colocar en tolva	61	0.13

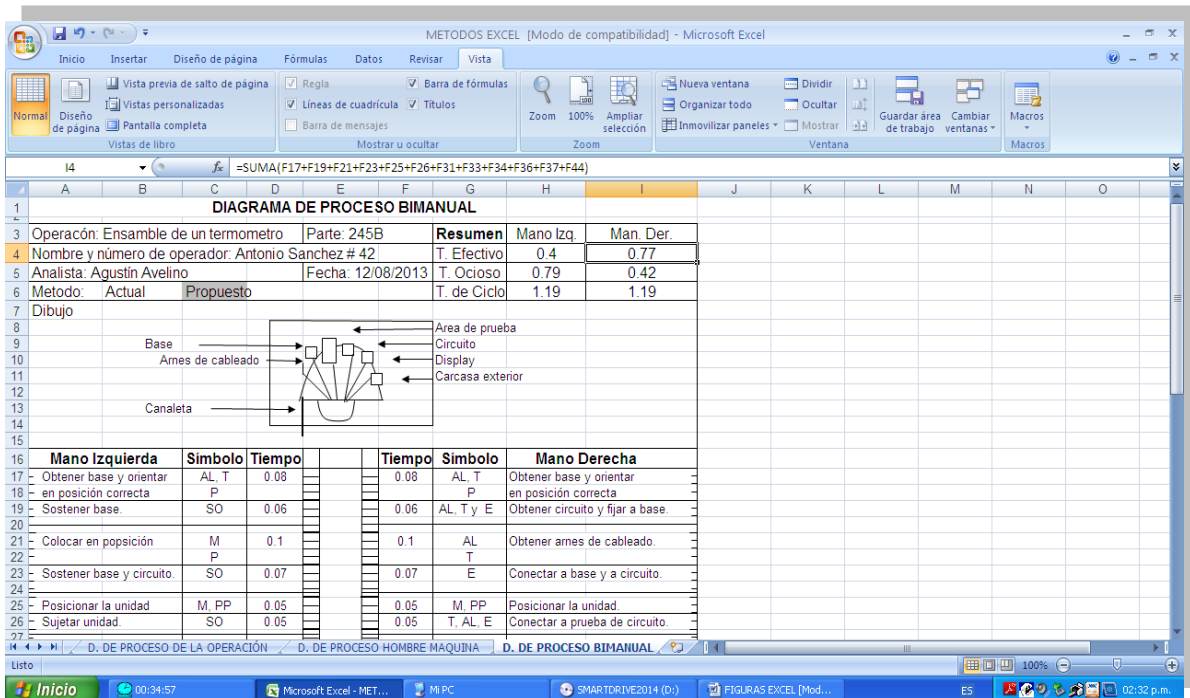
Tabla 4-4²⁵ Datos para la construcción de un diagrama de proceso bimanual con la hoja de cálculo Excel (método actual).

Diagrama de proceso bimanual, siguiente página.

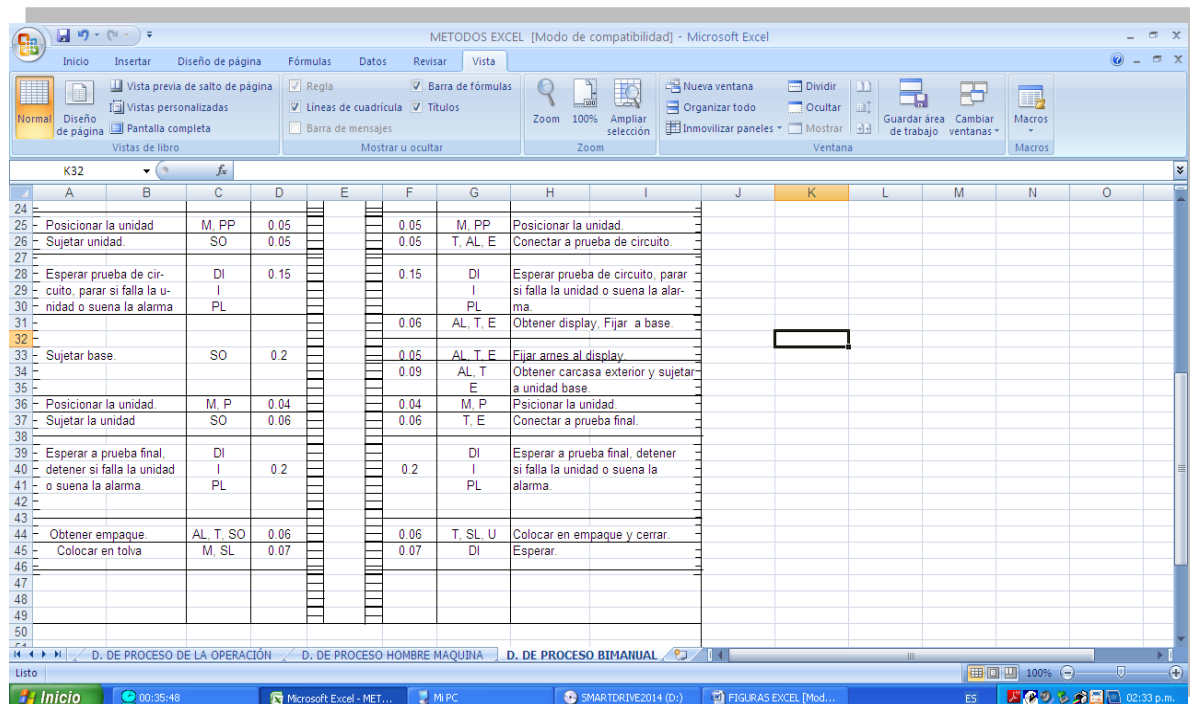
²⁴ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 153, D. F. México, 2006.

²⁵ Gaither, Norman, Fraizer, Greg, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S. A. de C. V., 8ª Ed., Pág. 152, D. F. México, 2003.

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II



Gráfica 4-6 Parte superior del diagrama de proceso bimanual (método propuesto), el uso de formulas también es muy útil en la construcción del diagrama.



Gráfica 4-7 Parte inferior del diagrama de proceso bimanual (método propuesto), la longitud en cuanto a espacio en la hoja de cada operación, equivale a determinado tiempo de la misma.

4.4.3 Diagrama de Proceso de la Operación.

El diagrama de proceso de la operación, es un método diseñado cuyo principal objetivo es proporcionar a detalle y mediante un determinado tiempo todas las operaciones e inspecciones, así como el transporte o flujo de materiales dentro de planta hasta llegar al producto terminado, todo lo anterior, en base a la mejor secuencia y orden.

Este tipo de diagramas, describen excelentemente la entrada de la materia prima, los componentes implicados, los subensambles y ensambles hasta llegar al fin del proceso. Lo anterior, es un plano de fácil comprensión donde claramente se aprecian los detalles de diseño; tales como, ajustes, tolerancias y especificaciones, así, un diagrama de proceso de la operación bien hecho, da y proporciona detalles en cuanto a manufactura que no se logran percibir en el trabajo diario de planta.

Los datos de que no deben faltar en un diagrama de proceso de la operación, son los siguientes: Se identifica al diagrama con un título (diagrama de proceso de la operación), Número de parte, número de dibujo, descripción del proceso y las operaciones, método actual o propuesto, fecha y nombre del que realiza el diagrama. Entre los datos adicionales del diagrama se encuentran; número de diagrama, planta, edificio, área o departamento.

En el diseño y construcción de un diagrama de proceso de la operación, se tienen que seguir normas en cuanto a su construcción; de esta forma solo se tienen dos símbolos en este tipo de diagramas: Un círculo de 15 mm ($0.6'$), de diámetro lo que significa la realización de una operación, un cuadrado de 10 mm ($0.375'$), de cada lado y que hace designación a una inspección.

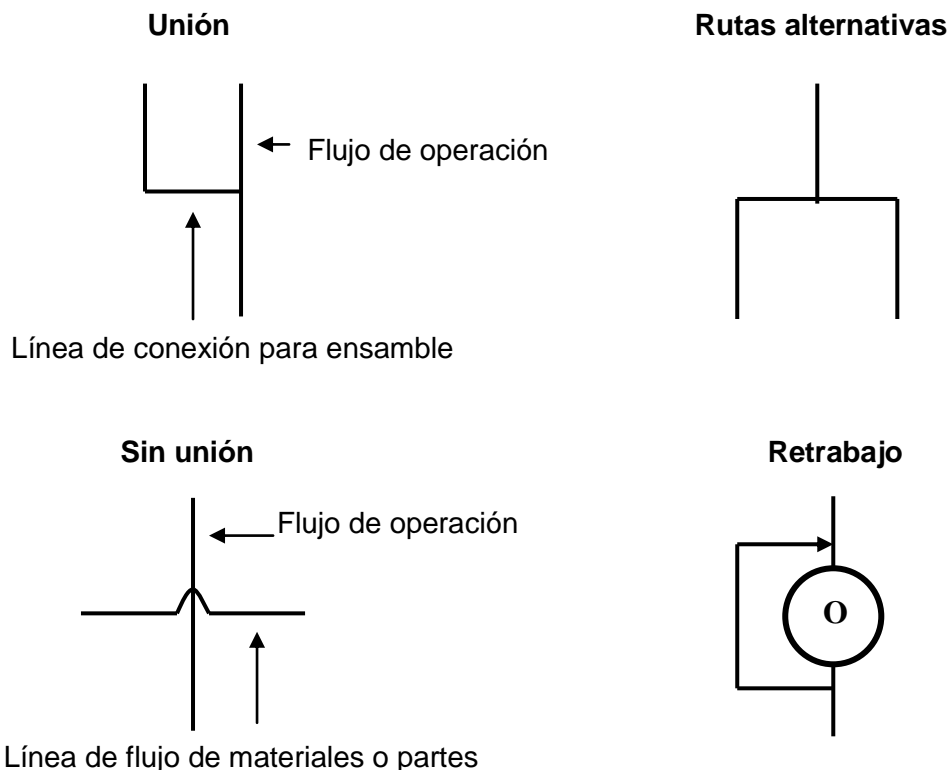
Una operación, se identifica cuando una pieza o parte es transformada intencionalmente por parte del operador. Lo cual da origen al trabajo efectivo o productivo. Una inspección se origina cuando una parte o la unidad completada, es examinada por parte del operador, esto, para determinar la forma o diseño en cuanto a estándares establecidos.

Las líneas tanto verticales como horizontales son indispensables en la construcción de un diagrama de flujo de proceso, así, las líneas verticales indican

el flujo del proceso y la realización del trabajo por parte del operario. Las líneas horizontales cuando se unen con las verticales indican el flujo de los materiales o partes para sus operaciones e inspecciones correspondientes.

Las unidades que se encuentran en proceso, se identifican mediante líneas verticales, en el caso de partes que necesitan ser desarmadas, de igual forma se emplean líneas verticales, pero con la singularidad de las unidades que van a ser extraídas para el desarme; se utiliza una línea horizontal dibujada a la derecha de la línea vertical en cuestión. Para el ensamble sucede lo contrario, una línea horizontal dibujada a la izquierda de una línea vertical indica el procedimiento de armado.

Se debe tener especial cuidado en evitar el cruce de las líneas tanto verticales como horizontales, más si es necesario un cruce de estas en el diagrama, se usa un símbolo previamente diseñado para este propósito, este símbolo muestra a detalle que no existe unión alguna entre una línea vertical y una horizontal. Además del símbolo antes mencionado, existen otros más que ayudan a la mejor comprensión y diseño del diagrama de flujo de proceso. Se presentan, a continuación:



La parte medular de un diagrama de flujo de la operación son los tiempos en cada operación e inspección del proceso, pues, estas mediciones de tiempo deben ser lo más exactas posibles en cuanto a veracidad, por lo cual, el uso de un cronómetro digital es indispensable.

Es común, que las operaciones manuales se relacionen, por lo regular, con la mano de obra directa y el ingeniero o encargado tiene que hacer un verdadero análisis, pues, se llegan a confundir con aquellas que realizan las máquinas. Esto es muy importante, ya que, de este análisis dependen los futuros ingresos y egresos.

La construcción correcta del diagrama de proceso de la operación, apegado a normas, estándares y tiempos correctos ahorra hasta un 30%, de tiempo o más en cada ciclo de trabajo realizado por el operador, lo cual, a su vez eleva el desempeño de este, obvio es que detrás de esto, se encuentra un verdadero análisis en cuanto a economía de movimientos y principios de la mejor eficiencia en cada operación. Dado lo anterior las ganancias no se hacen esperar una vez conseguido el proceso óptimo en cuanto a manufactura.

El método llamado diagrama de flujo de la operación, en su análisis a detalle, ayuda a realizar la mejor propuesta, otra importante contribución, es el aporte de nuevos y mejores procedimientos para la eficiencia en la estación de trabajo a futuro, que en consecuencia origina una mayor productividad.

El diagrama de proceso de la operación es vital, pues, es una herramienta para promover y explicar la mejor propuesta, lo cual, da como resultado la selección idónea de dos soluciones factibles. Un diagrama de proceso de la operación bien ejecutado aporta lo siguiente:

1. Identifica todas las operaciones, inspecciones, materiales, movimientos, almacenamientos y retrasos al hacer una parte o completar un proceso.
2. Muestra todos los eventos en una secuencia correcta.
3. Muestra con claridad la relación entre las partes y la complejidad de su fabricación.
4. Distingue entre partes producidas y compradas.

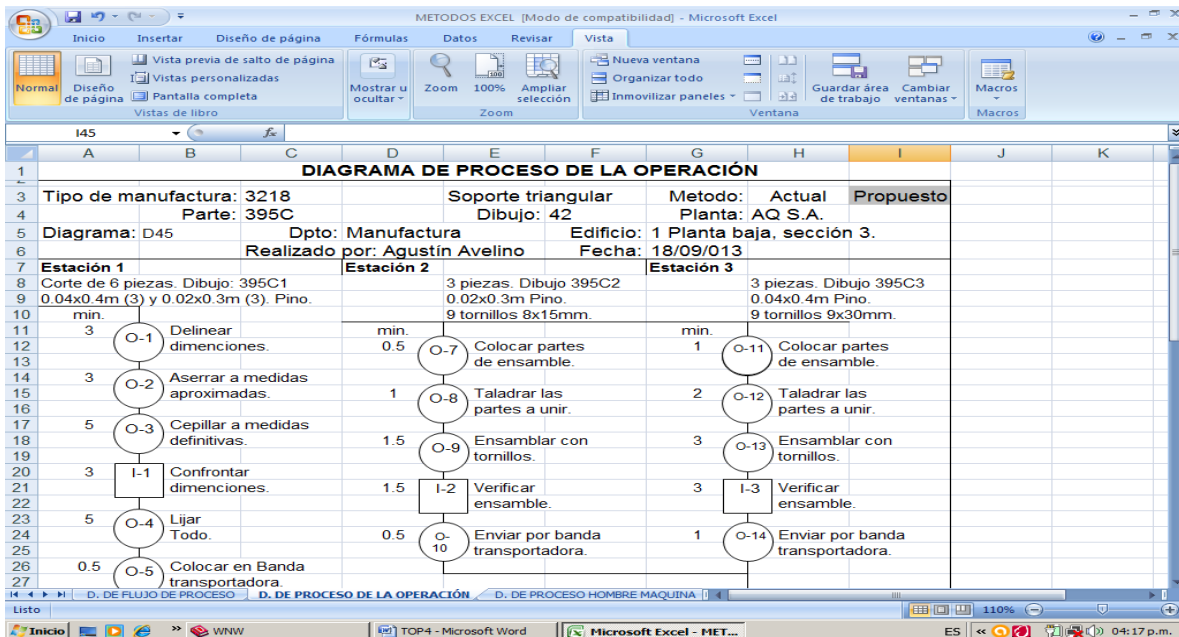
CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

5. Proporciona información sobre el número de empleados utilizados y el tiempo requerido para realizar cada operación e inspección.²⁶

Para la construcción del diagrama de proceso de la operación se presenta la siguiente tabla (4-5), y la hoja de cálculo Excel (Gráficas 4-8 y 4-9).

Un estudio revela los siguientes pasos en el ensamble de un soporte (Un triángulo de tres piezas pequeñas dentro de otro triángulo de tres piezas más grandes).
Montacargas: Entrega piezas de pino de 2x4 desde el almacén externo (20min.)
Operario de sierra de banda: Corta seis piezas del tamaño adecuado (10min.)
Ensamblador # 1: Obtiene tres piezas cortas y atornilla el triángulo pequeño (5min.)
Ensamblador # 2: Obtiene tres piezas largas y atornilla el triángulo grande (10min.)
Ensamblador # 3: Obtiene uno de cada uno de los triángulos y los fija como soporte (20min.)
Supervisor: Inspecciona el producto terminado y prepara la entrega (5min.)

Tabla 4-5²⁷ Datos para la construcción de un diagrama de proceso de la operación, (método actual).

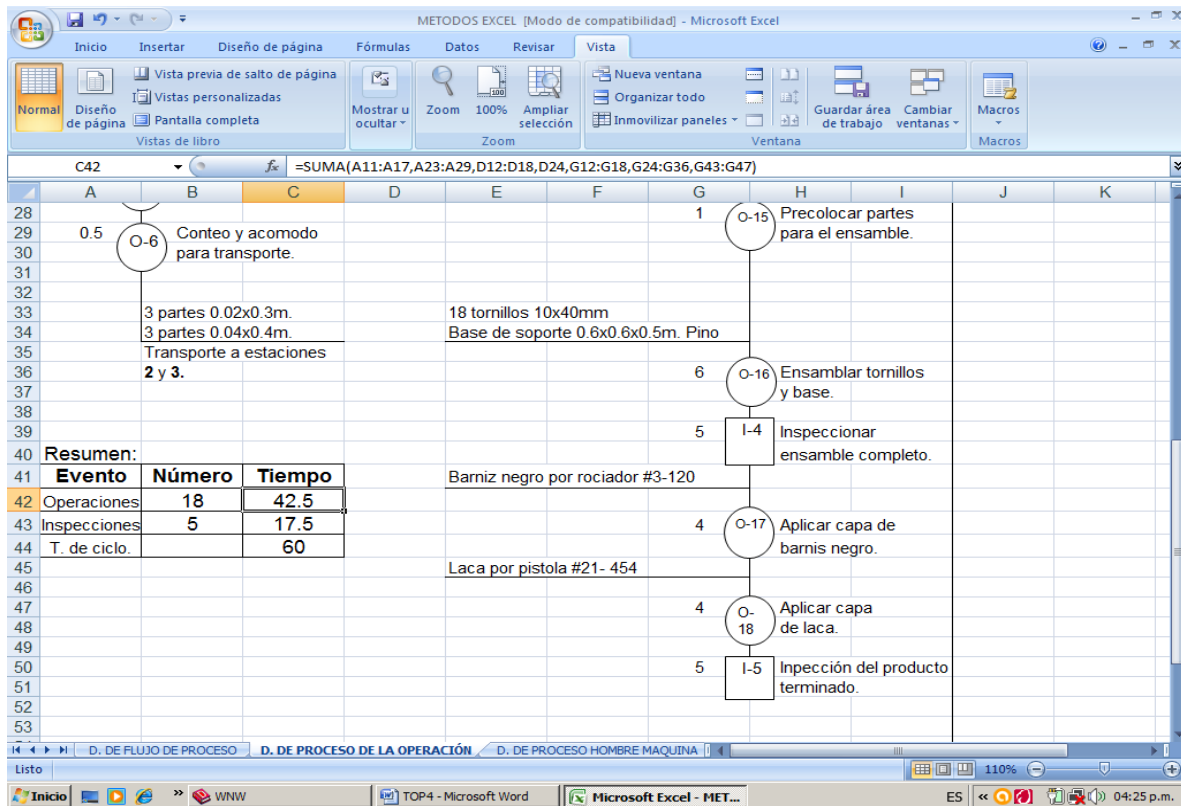


Gráfica 4-8 Parte superior del diagrama de proceso de la operación (propuesta), basado en los datos de la tabla 4-3, los puntos preestablecidos son muy importantes.

²⁶ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 34, D. F. México, 2006.

²⁷ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 68, D. F. México, 2006.

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II



Gráfica 4-9 El recuadro de la parte inferior izquierda muestra los resultados del diagrama por medio de formulas.

4.4.4 Diagrama de Proceso Hombre-Maquina.

Dentro del área de diseño de métodos, existe un diagrama llamado diagrama de proceso hombre-máquina, este diagrama; tiene por objetivo y mediante un análisis detallado de la operación y su respectivo ciclo, hacer mas eficiente al operador y la estación de trabajo, también es de gran ayuda para mejorar un método ya implantado o del que se duda sea el óptimo.

Este diagrama da a conocer ante todo, el trabajo entre el operador y su respectiva máquina, así como, el correcto balance del trabajador, su entorno y la labor que desempeña a través de las máquina a su cargo, pero lo más importante es lo referente al tiempo y el ciclo de trabajo, ya que, el tiempo es punto de partida para la producción y costo de determinadas unidades esperadas.

En la actualidad, en cuanto a máquinas las hay de todo tipo y de acuerdo a las necesidades propias de cada fábrica, existe así, maquinaria automatizada o semiautomatizada, en este caso, este tipo de máquinas origina que gran parte del

tiempo de trabajo el operario permanezca ocioso, esto no es de agrado a los directivos, por lo cual, el tiempo ocioso no debe existir en planta, todo el contrario, entre más trabaja un operador más debe ser la ganancia para el operario y para la firma.

En la industria, si un operador opera más de una máquina comúnmente se le llama: Acoplamiento de máquinas, los sindicatos en algún momento dado se resisten a tal concepto; sin embargo, en su ejecución el implantar al acoplamiento por la planta, tiene el solo hecho de mostrar el incremento de ingresos por parte del operador.

Al incorporar por la firma un acoplamiento de máquinas, se tiene como resultado; una mejor eficiencia en el tiempo de ciclo y una mejor productividad por parte del operario. El beneficio es grande y de relevancia, pues, se incrementa el salario del trabajador, si es que en verdad cuenta con un plan de incentivos, además y por obvias razones, la responsabilidad y esfuerzo implicado del operario aumenta, más las ganancias futuras lo valen.

En la construcción de un diagrama de proceso hombre-maquina, el analista no debe de olvidar el título: Diagrama de proceso hombre-máquina, la siguiente información es el número de parte, número de dibujo, descripción de la operación, método presente o propuesto, fecha y nombre de la persona que lo realiza.

Este tipo de diagramas se hace siempre a escala, así, el analista elige la distancia ya sea en metros o en pulgadas representando con esto una determinada unidad de tiempo, todo con el objetivo que el diagrama sea lo más inteligible posible. Si el ciclo de la operación es largo, más corta es la distancia en décimas de minuto.

Cuando ya están establecidos de manera concreta y exacta los valores para las distancias, ya sea en pulgadas o metros por unidad de tiempo, se da comienzo al diseño y construcción del diagrama de proceso hombre-máquina. En el parte izquierda se asientan cada una de las operaciones del ciclo así como el tiempo que le lleva al operador cada una de sus respectivas labores. En el lado

derecho se asientan los tiempos de trabajo efectivo y los tiempos ociosos de la(s) máquina(s).

Una línea vertical continúa representa el tiempo efectivo por parte del operador en el proceso, en contraparte, una línea vertical discontinúa significa tiempo ocioso del operador en cuestión.

Para el caso de las máquinas; una línea continua bajo el nombre de cada máquina indica tiempo efectivo por parte de esta en el proceso, a su vez, una línea vertical discontinua da a conocer tiempo ocioso de la máquina. Por último, una línea vertical punteada debajo del nombre de cada máquina significa tiempo, en el cual, la maquinaria es cargada o descargada según sea el caso, este tiempo de descarga y carga no se considera como tiempo ocioso, pero tampoco se toma como tiempo productivo.

Con un cronómetro en mano y durante el proceso, el ingeniero o encargado registra los tiempos de cada elemento, desglosando de igual forma el trabajo efectivo e inefectivo tanto de la(s) máquina(s), como del operario. Para obtener y hacer valido el diagrama de proceso hombre-máquina; el tiempo efectivo sumado al tiempo inefectivo del operador; debe ser igual, a la suma del tiempo de carga y descarga, mas el tiempo efectivo, más el tiempo inefectivo de cada máquina.

Lo valore de tiempo que obtiene el analista para la realización del diagrama de proceso hombre-máquina, deben ser lo mas reales y exactos posibles, los tiempos deben incluir el tiempo estándar del ciclo completo, el factor de tolerancia por fatiga básica y las demoras inevitables, para esto el cronómetro es de gran ayuda.

Un diagrama de proceso hombre-máquina bien ejecutado, es en su momento la mejor propuesta y mejora, pues, muestra a detalle los tiempos productivos e improductivos del operador, lo mismo con cada máquina productiva e improductiva, pues estima costos en lugar de ingresos. El análisis minucioso y a detalle de este tipo de diagramas da comienzo a las futuras ganancias o pérdidas y las nuevas ideas por parte del ingeniero no se hacen esperar.

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

La hoja de cálculo Excel, ayuda por mucho a la construcción de un buen diagrama de proceso hombre-máquina, de igual manera, el software Design Tools, se utiliza para realizarlo de una manera más fácil. Se utilizan los dos programas antes mencionados para una mejor comprensión empezando por la hoja de cálculo, no sin antes tener los datos para la construcción del diagrama.

Descripción de la operación
El operario quita la unidad de la prensa (0.2 min.)
El operario camina al área de inspección, busca defectos (0.1 min.)
El operario lija las orillas ásperas (0.2 min.)
El operario coloca la unidad en una banda transportadora para seguir su proceso y regresa a la prensa (0.1 min.)
El operario limpia la matriz de la prensa con aire comprimido (0.3 min.)
El operario rocía lubricante en la matriz (0.1 min.)
El operario coloca una hoja de metal en la prensa, oprime INICIO (0.2 min.)
El ciclo de la prensa es automático durante la operación (1.2 min.)

Tabla 4-6²⁸ Datos para la construcción de un diagrama de proceso hombre-máquina (método actual).

DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE-MÁQUINA						
3	Proceso:	Prensar laminas de acero		Diagrama No.	D63	
4	Dibujo No.	51	Parte No.	C832	Método:	Actual
5	Inicio:	Limpiar matriz.		Realizó:	Agustín Avelino	
6	Fin:	Quitar unidad de la prensa.		Fecha:	19-09-013	Hoja: 1 de 1
8	Descripción del elemento			Operador		Prensa
9				min.		min.
11	Limpiar matriz con aire comprimido.			0.3		Cargar
13	Rociar lubricante en matriz.			0.1		
14	Colocar una hoja de metal en la prensa y oprimir INICIO.			0.2		

Gráfica 4-10 Parte superior del diagrama de proceso hombre-máquina (método actual).

²⁸ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 68, D. F. México, 2006.

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE MOVIMIENTOS PARTE II

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
20									
21	Tiempo ocioso.				1.2		Pensar Unidad	1.2	
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28	Quitar la unidad de la prensa.				0.2		Descargar	0.2	
29									
30	Caminar a inspección y buscar defectos.				0.1				
31	Lijar las orillas asperas.				0.2		Tiempo Ocioso	0.4	
32									
33	Colocar unidad en banda y regresar a prensa.				0.1				
34									
35									
36	Tiempo ocioso del operador por ciclo.				1.2	Tiempo ocioso prensa.		0.4	
37	Tiempo efectivo del operador por ciclo.				1.2	Tiempo efectivo prensa.		2.0	
38	Minutos hombre por ciclo.				2.4	Tiempo de ciclo prensa.		2.4	
39									
40									

Gráfica 4-11 En la parte inferior del diagrama se observan las fórmulas que nuevamente son de gran ayuda en los resultados (método actual).

Worker-Machine Relationship

Time Data in minutes

Loading & Unloading (L)

Machine Running (M)

Working Time other than L (W)

Wage and Cost Data

Worker's Hourly Wage (K1) \$

Machine Hourly Cost (K2) \$

Go Back

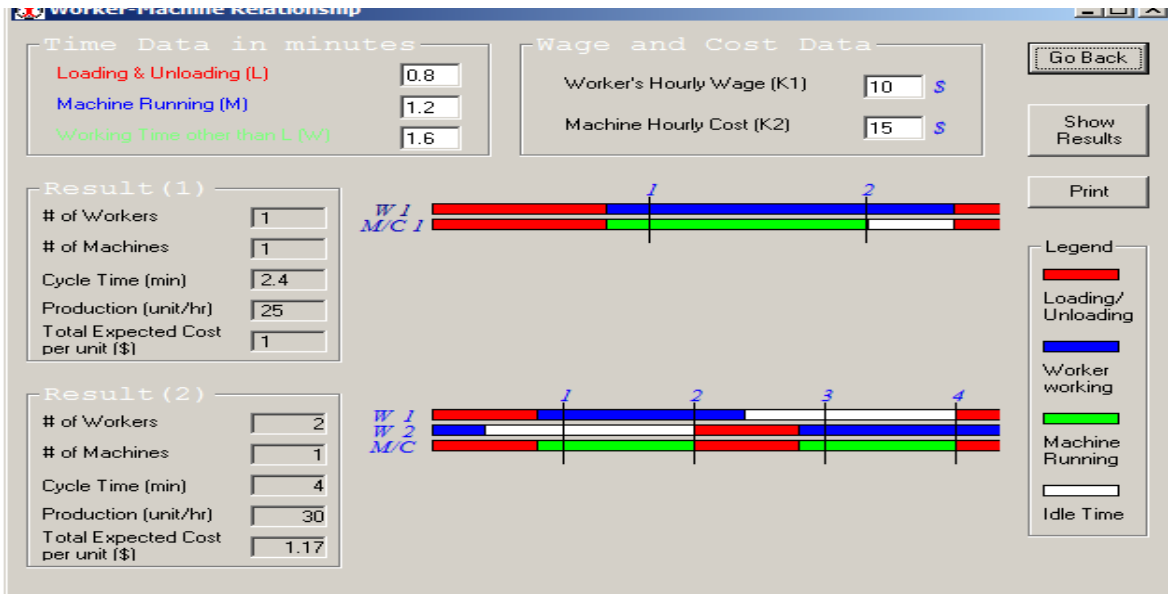
Show Results

Print

Legend

- Loading/Unloading
- Worker working
- Machine Running
- Idle Time

Gráfica 4-12 Ventana de ingreso de datos para la construcción del diagrama de proceso hombre-máquina con Designe Tools 3.0.



Gráfica 4-13 Los resultados de Design Tools 3.0, no solo son idénticos a los encontrados en Excel, más aun, el software ya mencionado arroja una segunda opción que bien puede ser tomada en cuenta dado un detallado análisis.

4.5 Fórmulas del Diagrama de Proceso Hombre Máquina.

Se ha mostrado como se construye un diagrama de proceso hombre-máquina tanto en la hoja de calculo como en designe tools; sin embargo, una pregunta es obligada ¿Como es que se llega a los resultados ya obtenidos? Se da la respuesta, en los siguientes párrafos:

Para el cálculo de los resultados por el software Designe Tools, se procede a calcular el número de máquinas involucradas con la siguiente expresión:

$$nm \leq \frac{T_{C/D} + T_m}{T_{C/D} + T_o} \text{-----DHM1}$$

Donde: nm = Al número de maquinas asignadas a un operario, y a su vez se identifica como un número entero. l = Al tiempo total de carga y descarga del operario a la máquina incluyendo la preparación para la carga. m = Al tiempo total de operación de la máquina y, w = Al tiempo total del operario sin interactuar con la maquina; es decir, tiempo ocioso y tiempo para caminar a otra máquina o realizar otras actividades. Se tiene entonces lo siguiente para nm (número de máquinas):

$$nm \leq \frac{0.8+1.2}{0.8+1.6} = 0.833 = 1 \quad \therefore \text{Se necesita una máquina para la labor del}$$

operario.

El tiempo de ciclo es fácil de identificar, pues, es el tiempo total de toda la operación de la máquina junto con el operario y la interacción de ambos.

Para calcular $P = \text{Production unit/hr}$ - Unidades de producción por hora, se tiene la siguiente fórmula:

$$P_{u/h} = \frac{60}{T_{C/D} + T_m} nm \text{ ----- DHM2}$$

Donde: $P_{u/h}$ = A la tasa de producción por hora y, 60 = Al número de minutos que conforman una hora. Dado que nm , tiene dos resultados, uno en forma decimal (0.83333), y otro equivalente a un entero =1, se tienen dos soluciones para $P_{u/h}$, se dan a continuación:

$$P_{u/h} = \frac{60}{0.8+1.2} 0.8333 = 24.999 = 25 \text{ unit/hr.} \quad \therefore \text{Para el primer resultado, se}$$

producen 25 unidades por cada hora de trabajo, y para el segundo resultado:

$$P_{u/h} = \frac{60}{0.8+1.2} 1 = 30 \text{ unit/hr.} \text{ Resultados idénticos a los proporcionados}$$

por el software Design Tools.

Para la variable: *Total expected cost per united \$* (Costo total esperado por unidad de producción), se utiliza la siguiente formula:

$$CTE_u = \frac{(S_o + nmC_m)}{P_{u/h}} \text{ -----DHM-3}$$

Donde: CTE_u = Al costo esperado por unidad de producción para una máquina. S_o = Al salario del operario por cada hora de trabajo, en este caso, percibe \$10 por cada hora y, C_m = Al costo que la máquina genera por cada hora de trabajo efectivo; es decir, \$15 por cada hora de trabajo de la máquina. Como se tienen dos resultados para $P_{u/h}$, y el software arroja como segunda opción la

ocupación de dos trabajadores, se tienen dos resultados para CTE_u , los dos cálculos se hacen a continuación:

$$CTE_u = \frac{(10+1(15))}{25} = 1 \quad \therefore \text{Para el resultado 1, cada unidad producida}$$

tendrá un costo de 1\$. Calculando para $P_{u/h} = 30 \text{ unit / hr.}$ y dos trabajadores:

$$CTE_u = \frac{(20+1(15))}{30} = 1.166667 = 1.17, \text{ es decir, } \$1.17, \text{ por cada unidad}$$

producida. Como se observa, los resultados idénticos a los calculados por Design Tools. Con lo anterior, se termina lo relacionado y más relevante en cuanto a métodos se refiere.

CAPÍTULO

5

ESTUDIO DE TIEMPOS

- 5.1 Principios**
- 5.2 Procedimientos**
- 5.3 Los Factores de Tolerancia**
- 5.4 Cálculos y Variables Implicadas en el Estudio de
Tiempos**
- 5.5 Software y Cálculos Adicionales**

5.1 Principios

Antes de iniciar un estudio de tiempos, se deben evaluar y cumplir determinadas normas que tienen por objetivo una mejor ejecución del estudio por parte del analista, dichas normas deben analizarse y cumplirse al pie de la letra, de lo contrario, no se obtiene el resultado más esperado en el estudio, es decir, no se obtendrán las ganancias esperadas. Dichas normas son las que dan paso a un estándar en cuanto a una nueva operación o, de una operación anterior en la que el método o parte de él se ha alterado, el operario en este caso debe estar completamente familiarizado con la nueva técnica antes de estudiar la operación.

Si el objetivo esencial es la estandarización del método, este se debe cumplir en todos sus puntos antes de iniciar el estudio; sin embargo, y hay que recalcar, si todos los detalles del método y las condiciones de trabajo se han ya estandarizado, los estándares de tiempo obtenidos carecerán de valor y darán paso a la desconfianza y falta del éxito planeado. Los siguientes principios son la base para el éxito del estudio:

1. El analista.

Para el caso del analista, este debe ser una persona preparada y con experiencia en cuanto a métodos y tiempos se refiere, su trabajo en el estudio requiere de un buen grado de habilidad y esfuerzo tanto físico como mental, la principal labor del analista es identificar en los operarios los diferentes grados de aptitudes; presencia física en la operación, destreza y pericia. Para un buen analista es sencillo observar al empleado y medir el tiempo real que le toma realizar su trabajo, lo complicado es evaluar todas las variables involucradas y determinar con exactitud el tiempo real que le lleva al operario, que en este caso, es el más calificado al realizar la operación.

Debido a la cantidad de intereses humanos y reacciones asociadas con las técnicas de estudio de tiempos, es esencial que haya un entendimiento completo entre el supervisor, el empleado, el representante sindical y el analista de estudio de tiempos, el analista en este caso es el encargado principal, pues debe de tener antes de realizar el estudio; el método más eficiente y en el cual se llevará a cabo la toma de registros correspondientes de tiempos. Después tiene

que evaluar al operario en cuanto a su desempeño, todo esto con la mejor precisión, disposición en cuanto a la honestidad y la total abstención en cuanto a críticas hacia el operador, por el contrario, la ayuda del analista en todo el proceso da como resultado un mejor método.

Un papel importante que juega el analista de tiempos dentro de una firma, es la manera tan directa al afectar las ganancias monetarias de los operarios, así como, de las firmas en cuanto al balance de perdidas y ganancias esperadas, por lo que es pertinente que el trabajo del analista sea lo mas minucioso, detallado y preciso en cuanto a todo el estudio.

Todas las equivocaciones, inexactitudes y falta de juicio afectarán en grande manera al operario, las finanzas de la firma y sobre todo, la falta de confianza para con el sindicato, este ultimo punto es muy importante, pues se empieza deteriorar con facilidad la relación de la firma con el sindicato, que en muchas ocasiones es una relación que se ha construido al pasar de los años.

Para el analista, entonces y en base a lo anterior debe contar con excelentes relaciones humanas, asumir su cargo y su responsabilidad con la mayor sinceridad, paciencia e intención, pero sobre todo ser muy entusiasta y tener como principal atributo; el buen juicio y control. Es forzoso para un analista de tiempos, ser lo mejor calificado posible en cuanto a los conceptos mencionados.

2. El supervisor.

El supervisor en el estudio de tiempos juega un papel vital, una de sus principales actividades es comunicar al operario y de manera anticipada el estudio de su trabajo u operación asignada por medio de un cronómetro, cuando se ejecuta esta labor, da por comienzo entre las tres partes involucradas una mayor correlación, así, el operario sabe de antemano que el supervisor le impondrá una nueva tasa de unidades a cumplir o un nuevo método en cuanto al proceso, por lo común, se llega a ciertas dificultades en específico que deben de corregirse, si en verdad se trata de establecer un estándar. Con esto, el supervisor señala algunas dificultades especificas que crea deban corregirse antes de establecer un

estándar. Por parte del analista de tiempos, queda la satisfacción en cuanto a su trabajo y presencia en la estación de trabajo.

El revisar una y otra vez el método concentrado el analista si es el adecuado y apto para el operario, también es trabajo del supervisor, esto vía con el departamento de métodos o directamente con el analista encargado, aunado a lo anterior, el supervisor y el analista en conjunto tienen que seleccionar y escoger al operario más idóneo, competente y con la experiencia necesaria en la operación para el estudio. Cabe recalcar que el analista de tiempos debe contar con la mayor experiencia en cuanto a este tipo de estudios y en las diferentes estaciones de trabajo; sin embargo, no es posible que conozca todas las especificaciones y demás de pies a cabeza, es aquí donde el supervisor hace aparición para el buen desempeño del analista.

El supervisor como tarea principal debe verificar que las herramientas de corte presenten el filo adecuado, que se use el lubricante correcto, así como, la selección apropiada de alimentadores, velocidades y profundidades de corte, también debe tener la plena seguridad de que el método sea seguido por el operario al pie de la letra y sin omisiones, una vez establecido el método, el supervisor se encarga de capacitar a todos los demás empleados en el perfeccionamiento del método. El buen supervisor, debe responder con precisión cualquier pregunta relacionada con la operación que venga de parte de cualquier operario.

Cuando el estudio llega a su conclusión, el supervisor tiene la obligación de firmar el informe original para indicar que esta de acuerdo con el estudio, si es que se llegase a suscitar un cambio de método en el departamento, el supervisor debe notificar de inmediato al encargado del estudio de métodos, y así ajustar el nuevo estándar. Aquellos supervisores que de verdad no cumplen con sus respectivas responsabilidades, dan origen al establecimiento de tasas difíciles de cumplir y salarios injustos que pueden derivar en conflictos laborales, presión de la administración, insatisfacción y malas relaciones con el sindicato.

3. El operador.

En todas las compañías, una de las responsabilidades del operario es el tener el interés suficiente en cuanto al bienestar, las políticas y los procedimientos de la misma, el apoyo por parte de los trabajadores es importante para las metas a alcanzar de la firma. Los operarios, en este caso, deben de estar al tanto de los métodos a implantar y, por supuesto, aprobar con toda integridad y dominio cada método nuevo, la cooperación del trabajador al eliminar las fallas que surjan al iniciarse nuevas propuestas y hacer sugerencias en el momento preciso, ayuda en demasía a la mejora de lo métodos.

Nadie esta más cerca del trabajo que el operario, por lo cual, este hace aportaciones en manera y tiempo real a la firma, con esto, la propuesta idónea esta por mucho más que garantizada. El analista al hacer uso de los therbligs y sus respectivas divisiones en la operación se ayuda del operario, ya que este es el que ejecuta la operación, el resultado es una mejora aun más considerable en cuanto a que se cubren detalles minuciosos dirigidos a cuestiones específicas.

Es el analista quien debe cuidar que el operario trabaje a un paso normal, firme y con buen ritmo mientras se realiza el estudio; por su parte, el operario tiene que evitar introducir el menor número de therbligs al igual que adicionar los que no son contemplados. Un buen operario debe saber usar el método prescrito al pie de la letra y sin omisiones, ya que cualquier acción en la que se prolongué el tiempo de ciclo de manera artificial, da como resultado un estándar demasiado amplio, un estudio de tiempos mal ejecutado, y perdidas en cuanto a ganancias esperadas por la firma.

4. El sindicato.

En la actualidad, la mayoría de los sindicatos reconocen que los estándares son necesarios para tener una operación con ganancias, y que la administración continúa con el desarrollo de dichos estándares mediante el uso de las técnicas aceptadas de medición del trabajo. Más aún, todo representante sindical sabe que los estándares de tiempo mal establecidos, causan problemas a los empleados y a la administración.

Por medio de los programas de capacitación, el sindicato debe educar a todos sus afiliados en los principios, teorías y necesidad económica de un estudio de tiempos, no se puede esperar el entusiasmo de los operarios hacia el estudio de tiempos si no tienen conocimiento del mismo.

El representante del sindicato debe asegurarse que el estudio de tiempos incluya un registro completo de las condiciones de trabajo; es decir, el método y la distribución de la estación de trabajo. También tiene que estar seguro, de que la descripción actual de la tarea es exacta y completa, con esto anima a los operarios a que cooperen con el analista.

5.1.1 El Equipo Para el Estudio de Tiempos y sus Principios

En lo referente al equipo para ejecutar el estudio de tiempos, es mínimo comparado con los therbligs del estudio de movimientos, y se presenta a continuación por medio de los siguientes principios.

1. El cronómetro.

Hasta hace poco se usaban dos tipos de cronometro para el estudio de tiempos:

El primero; es el cronómetro análogo que trabaja con décimos de minuto (0.01 min.); es decir, tiene 100 divisiones en su carátula y cada división es igual a 0.01 min. Para este cronometro una vuelta completa (360°), de la manecilla larga es el equivalente a un minuto, cuenta con un circulo pequeño en la misma carátula que tiene 30 divisiones, y cada una de estas es igual a un minuto, así, por cada revolución completa de la manecilla más larga, la manecilla más corta avanza una división o un minuto.

Cuenta con un botón lateral, que si es deslizado hacia la corona del cronómetro comienza el trabajo del reloj, el mismo botón pero en movimiento contrario detiene al cronómetro con las manecillas en la posición en que se encuentren, si es que se desea reanudar la operación desde el punto donde se detuvo reloj, se desliza el botón nuevamente hacia la corona, cuando se oprime la corona ambas manecillas larga y corta regresan a cero, al soltar la corona el cronómetro inicia de nuevo la operación, a menos que se deslice el botón lateral alejándolo de la corona.

El segundo tipo es el cronómetro electrónico mucho más práctico y preciso que el anterior, proporciona una resolución de 0.001 *seg.* y una exactitud de $\pm 0.002\%$, con estos cronómetros se puede tomar el tiempo de cualquier número de therbligs mientras sigue contando el tiempo total transcurrido, así, este tipo de cronómetros proporcionan tanto tiempos continuos como regresos a cero al mismo tiempo, ventaja del cronómetro electrónico comparado con el análogo.

Estos cronómetros, cuentan con un botón de inicio que al presionarlo comienza el trabajo del reloj, si se presiona nuevamente se obtiene el tiempo de cada uno de los therblings involucrados, También tienen un botón referente a la memoria en la cual se encuentran todas las lecturas anteriores a la última.

2. Las cámaras de videograbación.

La mejor manera de conocer el método en que se desenvuelve el operario, es el utilizar una cámara de video, las cámaras de videograbación no solo graban los métodos, también el tiempo transcurrido, este tipo de aparatos toman una película en espacio real para después estudiarla cuadro por cuadro a la vez. El analista puede registrar los detalles exactos en el estudio y después asignar valores de tiempos normales, no solo esto, también puede establecer estándares al proyectar la cinta a la misma velocidad que la de grabación, y calificar así, el desempeño del operario.

Debido a que la película, es una reproducción idéntica del tiempo y espacio real de todos los hechos ocurridos en el estudio, observar el video obtenido es una manera justa y precisa de calificar el desempeño por parte del operario, no solo esto, con la cámara surgen mejoras potenciales de los métodos y que pocas veces se detectan cuando solo se usa el cronómetro. Existen grandes ventajas pues a la cinta de video con la ayuda de software especializado (MTVA), por ejemplo, los estudios de tiempos son por lo común automáticos.

Cuando aparecen las cámaras de video digitales, y el software de edición adecuado, un estudio de estudios se realiza prácticamente en línea. Las videograbaciones son excelentes cuando se trata de capacitar a los analistas de tiempos, pues se repite cada sección del método hasta que se adquiera la habilidad suficiente.

3. Las formas implicadas en el estudio de tiempos.

Para el registro de todo lo acontecido en el estudio de tiempos y sus respectivos detalles, se utiliza una forma especial. Esta forma contiene espacio para registrar toda la información pertinente acerca del método que está en estudio, las herramientas utilizadas, maquinas, operador, etc.

Como principales datos para la forma se tienen los siguientes: Operación en estudio, nombre y número del operario, descripción y número de la operación, nombre y número de la máquina, herramientas especiales usadas y sus respectivos números, el departamento donde se realiza la operación y las condiciones de trabajo que prevalecen, no debe de faltar el menor detalle si de información se trata.

Una buena forma siempre debe tener la flexibilidad suficiente para cualquier tipo de operación; en esta manera, se registran los diferentes elementos de la operación en el renglón que encabeza las columnas, y en las columnas siguientes se colocan los ciclos estudiados renglón por renglón. Las cuatro columnas abajo de cada elemento son:

C = Registro de calificaciones.

TC = Lecturas de tiempo con el cronómetro.

TO = Lectura de tiempo observado; es decir, la diferencia de tiempos entre lecturas sucesivas tomadas con el cronómetro.

TN = Tiempo normal.

4. Los tableros para el estudio de tiempos.

Para los diferentes utensilios utilizados en el estudio, es conveniente tener una tabla adecuada para sostener la forma del estudio de tiempos y el cronómetro, la tabla debe ser lo más ligera posible para que no cansar el brazo, y fuerte para proporcionar el apoyo necesario para la forma, los materiales adecuados incluyen triplay de 0.635 *cm* (0.25 *in*), o plástico liso.

Es indispensable el diseño de contactos para el brazo y el cuerpo en la tabla para un ajuste cómodo, proporcionando así, la fácil escritura mientras se sostiene. Para un analista derecho, el reloj debe estar montado en la esquina superior derecha de la tabla, un dispositivo tipo resorte a la izquierda mantiene la

forma en su lugar, estando de pie y en la posición correcta se debe de ver la estación de trabajo por encima de la tabla, y así, seguir los movimientos del operario al tiempo que mantiene el reloj y la forma dentro de su campo visual.

Existen tableros electrónicos con la forma y cronometro incluido, obviamente el costo es mayor pero la eficiencia crece en demasía. Tanto las tablas convencionales y los cronómetros análogos tienden a desaparecer, dando paso a la electrónica y el software para la computadora personal.

5. Software para el estudio de tiempos.

En la actualidad, existe gran variedad de software relacionado única y exclusivamente para el estudio de tiempos, entre esta variedad se mencionan los siguientes paquetes:

TimStudy, es un software cuyo *Datarecording* (registro o controlador de datos), trabaja de manera electrónica para después cargarlos, procesarlos en la computadora y hacer su respectivo análisis, aun con esto, los requerimientos del datarecording crean cierto conflicto en el proceso de registro.

CITS/APR, software mediante el cual se hace un análisis más a detalle, pues este paquete se enlaza directamente con la hoja de cálculo Excel. Otro elemento importante para el analista, es el poder incluir las calificaciones de los therblings que se encuentran activos, una desventaja es que las anteriores interfaces son exclusivas de PC's y laptop's, que ante el auge de las tablet's, no es mucho el mercado y terreno que se abarca. Ante esta situación sale al mercado el PalmCITS, software solo para el ambiente de las tablet's, el único asterisco a observar, es la incapacidad de trabajar esta versión junto con Excel.

QuickTimes y TimerPro, dos interfaces para palm's, modernos softwares que adecuaron la opción para el enlace con Excel.

MVTA, Nexgen Ergonomics (*Multimedia Video Task Analysis* – Análisis de Tareas por Medio del Audio y Video Entre Otros), permite realizar estudios de tiempos a partir de una cinta de video, este software interactúa directamente con un reproductor VCR, a través de una interfaz gráfica permitiendo a los analistas la identificación interactiva de puntos clave en la grabación de video, mientras que se analiza el estudio a cualquier velocidad en tiempo real, movimiento lento o rápido,

hacia delante, hacia atrás y a cuadro por cuadro. MVTA, produce de modo automático los informes del estudio de tiempos, calculando a su vez la frecuencia de ocurrencia de cada evento, de igual forma analiza la postura para el diseño de la operación.

6. Actitud hacia el estudio de tiempos.

El ejecutar un estudio de tiempos, es toda una ciencia en donde la práctica y pericia por parte del analista deben llegar a tope, el éxito estriba en inspirar la suficiente confianza, aplicar el buen juicio y crear acercamiento personal con quienes tenga que estar en contacto principalmente.

Los antecedentes del analista en cuanto a capacitación son vitales para entender a fondo cada una de sus responsabilidades, las cuales incluyen: Seleccionar al operario, analizar el trabajo y desglosarlo en sus respectivos therbligs, registrar con toda exactitud los valores elementales de tiempos transcurridos, hacer el justo calculo en la calificación del operario, asignar los suplementos, dispositivos y útiles adecuados, todo lo anterior se resume llevar a cabo el estudio a la mejor claridad y precisión.

5.2 Procedimientos

Cuando se realiza un estudio de tiempos con cronometro, se deben evaluar diferentes puntos en cuanto al procedimiento, el primer punto a evaluar se refiere al estudio de los operadores más eficientes, contra el estudio de los trabajadores promedio, el segundo punto corresponde a la mejor propuesta hablando del método optimo, de esto ya se habló en capítulos anteriores como los conceptos implicados en el estudio de movimientos. Otros puntos de importancia son la información que obtiene el analista en base a la observación del operador, esta consiste en la información elemental de acuerdo a la hoja de tiempos y los imprevistos que se pudiesen suscitar en la operación, para lo cual, la posición del analista con respecto a la operación y el operador es de vital importancia.

Se analizarán también en este tema, los therblings implicados en el estudio y su respectiva división, el método ideal al iniciar el estudio, el manejo de los imprevistos o dificultades y los ciclos del estudio con sus respectivas formulas.

5.2.1 Elección del Operario Ideal

Antes de comenzar los procedimientos en cuanto al estudio de tiempos, se toma muy en cuenta al supervisor de línea o del respectivo departamento, una vez revisada a detalle la operación, el analista debe acordar con el supervisor que todo se encuentra listo para estudiar la labor del operario. Si es el caso de que más de un operario realiza la operación para el que se quiere establecer un estándar, se debe tomar en cuenta varios aspectos al elegir el operario ideal a observar, en general, con un operario con un desempeño promedio o un poco arriba del promedio y bajo condiciones promedio en su estación de trabajo, se obtiene un estudio más satisfactorio que uno menos calificado o aquel que posee habilidades de muy alto nivel.

Con lo anterior se escoge al operario promedio, ya que muy en general, desempeña su labor con consistencia y de manera muy sistemática, el paso de este operario en cuanto a la operación que realiza tiende a establecerse dentro de los rangos normales, lo anterior, le facilita al analista del estudio de tiempos una buena aplicación y un factor de desempeño correcto.

Claro esta, que el operario debe estar muy bien adentrado y capacitado en el método, le debe gustar su labor diaria, mostrar interés y empeño en hacerlo lo mejor que pueda, debe estar familiarizado con cada uno de los procedimientos y prácticas del estudio de tiempos, y tener confianza tanto en los métodos del estudio como en el analista. Su compromiso es la cooperación suficiente y eficiente para con el estudio, y estar dispuesto a seguir las sugerencias tanto del supervisor como del analista de estudio de tiempos.

Se dan situaciones, en que el analista no puede elegir al operario porque sólo existe uno que realiza la operación, en este caso, se debe ser muy cuidadoso al establecer la calificación en cuanto al desempeño dado que quizá el operario esté trabajando en uno de los extremos de la escala de calificaciones. Cuando hay un solo trabajador, el método usado debe ser por lo general el correcto y el analista debe acercarse a él con cuidado y tacto.

Al seleccionar a un operario, el analista debe tener como base el determinar un muy buen grado de cooperación recibida, se debe acercarse a él de

manera amistosa y demostrar que entiende la operación que va a estudiar. El operario puede y debe de hacer preguntas sobre las técnicas referentes a la toma de tiempos, el método de calificaciones y la aplicación de suplementos, las cuales, deben ser contestadas con toda claridad. Se da el caso de que el operario nunca ha sido estudiado, así, todas las preguntas deben recibir con toda paciencia una respuesta franca, se le debe animar a hacer sugerencias y cuando lo haga, el analista debe recibirlas con interés mostrando respeto por las habilidades y conocimientos del operario.

El analista debe mostrar interés en las labores del operador y, sobre todo y en todo momento ser justo y directo con él, tal enfoque gana la confianza del operador en la capacidad del analista. El respeto y la buena voluntad que obtiene no sólo ayudan a establecer un estándar justo, también facilitan las asignaciones en cuanto a mejoras futuras dentro de la planta de producción.

5.2.2 Información y Registro

En cuanto al registro de información cuando se inicia el estudio de tiempos, este debe contener máquinas, herramientas manuales, dispositivos, condiciones de trabajo, materiales, operaciones, nombre y número del operario, departamento, fecha de estudio y nombre del observador, el espacio para esos detalles es el de observaciones situado en la forma de estudio de tiempos.

Un bosquejo de la distribución es de gran utilidad y, mientras más información pertinente se registre más útil será el estudio de tiempos, con el tiempo y disciplina de estas prácticas, se obtiene un recurso para el establecimiento de datos estándar, también es de gran utilidad para mejorar los métodos y evaluar a los operarios, las herramientas y el desempeño de las máquinas.

En el caso de las máquinas herramienta, debe de especificarse nombre, tamaño, estilo, capacidad y número de serie o inventario, lo mismo que las condiciones en que operan las máquinas.

Deben de identificarse y especificarse dados, calibradores, plantillas y dispositivos y todo tipo de herramienta utilizada en el estudio, por número y con una descripción breve. Cuando las condiciones de trabajo durante el estudio son

distintas a las normales para esa operación, se deduce por lógica que afectarán el desempeño del operario.

El desempeño y la operación deben describirse de manera muy específica, basta un ejemplo: Opresor de anillos $3^{7/8}$ in , para insertar en pinzas con seguro manual automático al insertar pistón, es más explícito y exacto que el solo escribir; montar pistón en motor. Para el estudio el operario debe identificarse por nombre y número; pues en la fábrica es fácil que dos operarios tengan el mismo nombre y apellido, pero no el mismo número.

5.2.3 El uso de therbligs en la Operación

El inicio del estudio de tiempos tiene como finalidad facilitar la operación, y obtener el tiempo más eficiente, para lo cual, el analista se vale también de los therbligs, pues estos dividen por completo la labor del operario obteniendo así el mayor desempeño. El analista, debe de observar con detenimiento y detalle la labor del operario durante varios ciclos para después utilizar los therbligs y dividir la operación; sin embargo, si el tiempo de ciclo es mayor a 30 min. tiene y puede describir la operación en sus elementos mientras realiza el estudio, es mejor que determine los elementos de la operación antes de iniciar el estudio, dichos elementos se separan en divisiones tan finas y detalladas como sea posible, pero no tan pequeñas ya que la exactitud de las lecturas es de considerable error.

Los therbligs cuyas divisiones son de aproximadamente de alrededor de 0.04 min. se acercan al margen mínimo que puede leer de manera consistente un analista experimentado en el estudio de tiempos, sin embargo, si los elementos anteriores y posteriores son relativamente largos, es posible tomar el tiempo de un elemento con una duración de 0.02 min.

Cuando se trata de identificar por completo los puntos terminales de cada therblig y desarrollar una consistencia en las lecturas del cronómetro de un ciclo al siguiente, se toman en cuenta los sonidos y lo que se ve al desglosar los elementos: Ejemplos de lo anterior en cuanto a escuchar sonidos son; dejar caer una pieza terminada al contenedor, una broca que termina de perforar una

superficie, un troquel que se coloca en posición o instrumentos y utensilios que se colocan en la estación de trabajo.

Los therbligs, se deben registrar en la secuencia adecuada incluyendo una división básica de la operación mediante un sonido o movimiento distintivos; los therbligs más comunes al perforar un monoblock automotriz son: sujetar monoblock, colocar monoblock en posición, alcanzar broca, tomar broca, ensamblar broca a cabezal, sujetar y apretar broca, posicionar taladro, mover cabezal de taladro, sujetar manivela, mover interruptor y encender taladro, mover manivela 5 *cm.* abajo y taladrar, alcanzar lubricante, tomar lubricante, dejar caer lubricante, mover manivela 5 *cm.* arriba mover interruptor y apagar.

Es bien sabido que el punto último de la operación es mover el interruptor, así, el sonido del interruptor pone fin a la operación. En cada uno de los therbligs mencionados se sigue el mismo patrón desde iniciar la máquina, la rotación y operación de la misma entre otros muchos más therblings, con esto, el sonido identifica el punto de terminación de manera que las lecturas se pueden tomar justo en el mismo punto en cada ciclo.

Los analistas de estudio de tiempos en una firma adoptan una división de therbligs como un estándar dadas las instalaciones y la operación, esto para asegurar uniformidad al establecer los puntos de terminales, así, todos los trabajos en taladros de mesa con un husillo, se pueden dividir en elementos estándar y todos los trabajos en tornos están compuestos por una serie de elementos predeterminados, el tener elementos estándar como base en cuanto a la división de la operación es muy importante al establecer los datos del nuevo estándar.

A continuación se presentan sugerencias adicionales que ayudan a desglosar los therblings en la operación:

1. Mantener separados los elementos manuales y los de máquina, ya que las calificaciones afectan menos a los tiempos de las máquinas.
2. Separar los elementos constantes (aquellos para los que el tiempo no varía dentro de un intervalo especificado de trabajo) y los elementos variables (aquellos para los que el tiempo varía dentro de un intervalo de trabajo especificado).

3. Cuando se repite un elemento, no se incluye otra vez la descripción. En el espacio proporcionado para esto se pone el número de identificación que se usó cuando ocurrió por primera vez.¹

Todo analista, debe tener muy en cuenta que la división en la operación le ayuda a escoger el método ideal, ya sea la mejor propuesta o seguir con el método anterior.

5.2.4 Al Comienzo de un Estudio de Tiempos

En el inicio de un estudio de tiempos, se registra la hora en minutos completos que marca un reloj maestro, es en ese instante cuando el cronómetro empieza su trabajo y todos los datos se registran en la forma de estudio de tiempos, así, la hora de inicio de un estudio de tiempos es la siguiente: Tiempo de inicio; 8:27.00. Existen dos técnicas para el registro de los tiempos elementales durante el estudio; el método de tiempos continuos y la técnica de regresos a cero.

En el método de tiempos continuos, como su nombre lo indica, el cronómetro trabaja durante todo el estudio, es aquí donde el analista lee el reloj en el punto terminal de cada elemento y el tiempo sigue corriendo. En la técnica de regresos a cero, el analista lee el cronómetro en el punto terminal de cada therbling y el tiempo se restablece en cero nuevamente cuando se realiza el siguiente elemento, el tiempo de cada elemento avanza a partir de cero y así sucesivamente.

Al momento de que el analista registra las lecturas del cronómetro en la forma, se anotan sólo los dígitos necesarios omitiendo el punto decimal, esto con el fin de tener el mayor tiempo posible para observar el desempeño del operario. Si se usa un cronómetro decimal y el punto terminal del primero ocurre en 0.08 min. se registra sólo el dígito 8 en la columna de **TC** (tiempo de cronómetro), 112 en **TN** (tiempo normal), y así sucesivamente.

Al usar el método continuo para registrar los valores de tiempo de cada therbling; se nota la gran diferencia y superioridad de este método comparado con el método de regresos a cero, y esto es por varios motivos, el más importante y de

¹ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 386, D. F. México, 2006.

relevancia es que el estudio que se obtiene, presenta un registro completo de todo el periodo de observación, esto es de mucho agrado por parte del operario y en consecuencia lo es para el representante sindical. El operario puede ver con claridad que se omiten los tiempos fuera en el estudio y que se incluyen todos los retrasos y elementos extraños. Como un buen estudio presenta todos los hechos con claridad, es más sencillo explicar y vender esta técnica de registro de tiempos.

Otra ventaja del método continuo es la mejora en cuanto a medición y registro de elementos muy cortos, si se lleva muy a la práctica, un buen analista de tiempos puede detectar con precisión tres elementos cortos; es decir, de menos de 0.04 min. si van seguidos de un therbling de alrededor de 0.15 min. o más. Lo anterior mencionado es posible si se recuerdan las lecturas del cronómetro en los puntos terminales de los tres elementos cortos y después se registran sus valores respectivos mientras se ejecuta el cuarto elemento más largo.

En antaño se necesitaba demasiado tiempo en el escritorio para calcular el estudio si se usaba el método continuo, pues se lee el cronómetro en los puntos terminales de cada therbling mientras el cronómetro sigue su marcha. Es necesario para este método hacer restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar el tiempo transcurrido en cada elemento, entonces si las lecturas siguientes representan los puntos terminales en un estudio de 12 elementos: 5, 16, 20, 117, 122, 153, 164, 174, 209, 223 y 237, los valores elementales de este ciclo son: 5, 11, 4, 97, 5, 31, 11, 10, 35, 14 y 14.

En la actualidad los cronómetros modernos, hacen ya este tipo de cálculos de manera automática y en cuestión de segundos, incluso se encuentran disponibles dichos cronómetros en la web.

5.2.5 El Control y Manejo de Dificultades

Se da el caso que durante el estudio de tiempos, el analista observe variaciones en cuanto al método y sus respectivos therblings ya establecidos con anterioridad, en ocasiones, se observa la omisión de elementos en sus puntos terminales o iniciales, a lo mencionado se le da el nombre correcto de dificultades,

las dificultades no tienen otro propósito que complicar el estudio y entre menor sea la frecuencia de estas, es más sencillo calcular el estudio.

En dado caso, si llegase a faltar alguna lectura, el analista lo debe de indicar de inmediato una **F**, en la columna **TC**, por ningún motivo se debe aproximar o registrar el valor faltante, si ocurriese lo anterior se destruye el valor del estándar establecido para el therbling específico, si el elemento se usa como fuente de datos estándar, es seguro la gran discrepancia para estándares posteriores.

Se dan ocasiones durante el estudio donde algún operario omite un elemento, para estos casos se escribe una raya horizontal (-), en la columna **TC**, si este es el caso, hay que vigilar que sea muy poco frecuente pues indica, en lo general la falta de experiencia por parte del operario o la falta de un estándar bien establecido en el método, hay que aclarar; un operario puede omitir un elemento sin advertirlo y de manera automática, pero si esto sucede con frecuencia el analista debe detener el estudio e investigar la causa de los therblings omitidos, se hace esto en coordinación junto al supervisor y el operario.

Para lograr que el analista llegue al mejor método, se debe estar en constante observación y alerta para descubrir las mejores maneras de efectuar cada therbling, las ideas entonces surgen a la mente y se asientan en forma breve sobre el espacio correspondiente de la hoja de estudio de tiempos, si se esta en suma atención los therblings realizados en una secuencia diferente salen a la luz, esto es bastante ocurrente cuando se estudia a un empleado nuevo e inexperto en una operación y con ciclo largo compuesto de varios elementos.

En todo momento se deben de evitar perturbaciones, esta es una de las razones principales por las que se estudia siempre, a los operarios competentes con una capacitación completa; sin embargo, si hay ejecución de therblings fuera de orden, el analista debe trasladarse al espacio del elemento correspondiente y en la columna **TC**, y dividirla con una raya horizontal (-), abajo de la raya debe escribir el tiempo en que el operario inició el elemento, y arriba el tiempo en que terminó, dicha manera de proceder se repite para cada elemento realizado fuera

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

de orden y, es lo mismo que para el primer elemento que se realiza al regresar a la secuencia normal.

5.2.6 El Ciclo y su Análisis en el Estudio de Tiempos

Par cualquier analista, el saber determinar cuántos ciclos se tienen que estudiar para llegar a un estándar justo es un tema de bastante discusión y polémica, los representantes del sindicato también interfieren en dicho proceso. El analista sabe que determinada operación y su tiempo influyen de manera importante en el número de ciclos que se deben estudiar, si el enfoque es económico, el analista no está gobernado directamente con la práctica estadística que demanda cierto tamaño de muestra basada en las lecturas individuales de cada therbling y su respectiva dispersión. La tabla 5-1, muestra el número de ciclos que se deben observar con sus respectivos therblings.

Tiempo de ciclo en minutos	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Tabla 5-1² Numero de ciclos recomendados por cada tiempo de ciclo.

Si el analista quiere establecer un número más exacto de observaciones de ciclos para el estudio, se tiene que valer de formulas y métodos estadísticos. Lo primero es considerar que todo estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, así, se da por echo que para tal calculo la distribución normal y un

² Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 393, D. F. México, 2006.

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

intervalo de confianza alrededor de una media que es desconocida, con respecto a la población y con variancia desconocida son la mejor opción.

Sin embargo, los estudios de tiempos sólo involucran muestras pequeñas ($n < 30$), por lo cual, una distribución t , es lo ideal. Tomando la media de la muestra \bar{x} , y la desviación estándar de la muestra s , se obtienen las siguientes fórmulas:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \text{ ----- NC1, y:}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ ----- NC2}$$

El intervalo de confianza en este caso es:

$$U, L = \bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}, \text{ eliminando } U \text{ y } L \text{ (Superior e inferior), junto con el signo}$$

positivo correspondiente a U , también superior se obtiene:

$$\bar{x} = t \frac{s}{\sqrt{n}}, \text{ Así: } k\bar{x} = \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

Donde: $k = A$ una expresión en forma de una fracción acorde para \bar{x} .
Despejando n , se obtiene la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 \text{ ----- NC3}$$

NC3; da con toda exactitud el número de observaciones por cada tiempo de ciclo completo. De NC3, se puede obtener n , antes de iniciar el estudio siempre y cuando existan datos históricos de therbligs y, con estimaciones reales de \bar{x} y s .

5.2.7 Calificación del Desempeño

En el estudio de tiempos, el tiempo real requerido para llevar a cabo cada therblig implicado en la operación depende por mucho del alto grado de la habilidad, pericia y esfuerzo del operario, es necesario para esto, ajustar hacia

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

arriba el tiempo normal del operario excelente y hacia abajo el del menos capacitado, con esto, antes de que el analista se retire de la estación de trabajo, una calificación justa e imparcial conforme al desempeño del operario en el estudio es un gran incentivo.

Cuando se presentan ciclos cortos y repetitivos, se aplica por lo común una calificación al estudio completo, o una calificación promedio para cada elemento. Si se da el caso, en el que se presentan therbligs largos y con diversos movimientos manuales, es mucho mejor calificar el desempeño de cada therblig conforme este ocurre. La forma del estudio de tiempos contempla espacio para asentar la calificación global y la del elemento individual.

En un buen sistema de calificación del desempeño, el analista minuciosamente evalúa la efectividad del operario cuando ejecuta la operación asignada, principalmente cuando dicho operario calificado ejecuta el mismo therblig. La calificación se expresa siempre como un decimal o un porcentaje y se asigna al elemento observado en la columna **C**, de la forma del estudio de tiempos. Un operario calificado y con amplia experiencia, es aquel que trabaja en condiciones normales acostumbradas dentro de su estación de trabajo, y a un solo paso; ni demasiado rápido, ni demasiado lento, esto con el fin de mantener un buen ritmo en la operación durante su jornada laboral.

La calificación en cuanto al desempeño del operario, es el paso más importante de todo el procedimiento de medición del trabajo; siempre esta sujeto a críticas, ya que se basa por lo común en la experiencia, capacitación y juicio del analista de tiempos. Para estos casos, no importa si la calificación se basa en la velocidad o las unidades producidas, incluso si el desempeño del operario promedio y apto para el estudio es el mejor comparado con el del operador más calificado, es a final de cuentas el juicio basado en el criterio quien determina la calificación justa. Es por esto, que los analistas deben ser personas íntegras y lo mejor preparadas posible en todos sentidos.

Un operario que se acerca a los parámetros del desempeño estándar, se describe de la siguiente manera: Se le conoce al operario en este caso, como una persona que se adapta a la operación y ha adquirido con el tiempo la suficiente

experiencia para realizar su jornal laboral, desde el punto de vista eficiente sin supervisión o con muy poca de esta, el operador no importando el sexo posee cualidades de coordinación tanto físicas como mentales, que le permiten pasar de un elemento a otro sin ningún retraso y de acuerdo con los principios, claro esta, principios con enfoque a la economía de movimientos.

Un buen operador mantiene un buen nivel de eficiencia a través del conocimiento y uso de todas las herramientas y dispositivos relacionados con la operación, coopera y realiza su labor al paso más adecuado para un buen desempeño continuo, sin embargo, existen diferencias individuales entre todos los operadores, estas se refieren principalmente al conocimiento, capacidad física, la salud, el conocimiento del oficio, la destreza física y la capacitación individual; todas las mencionadas son causa de que un operario sea mucho mejor que otro, en forma consistente y al correr del tiempo.

Un sistema de calificaciones que redunde en ser el mejor siempre tiene como base en la exactitud. Es bien sabido que las técnicas para calificar por parte del analista de tiempos se basan en la observación, debido a esto, es imposible obtener la calificación perfecta en el estudio. Sin embargo, es adecuado el procedimiento de calificar por parte de los analistas, a diferentes operarios con el mismo método con el fin de llegar a estándares que no se desvían más del 5% , del estándar promedio establecido, las calificaciones con un porcentaje mayor del $\pm 5\%$, se les debe hacer mejoras o reemplazarse.

Cuando se realizan operaciones repetitivas que implican ciclos cortos, siempre se observa muy poca desviación en cuanto al desempeño del operario durante un estudio de aproximadamente 15-30 min. En estos casos, es mejor evaluar el desempeño del estudio completo y registrar el índice de calificación para cada therblig, no obstante, debe recordarse que los elementos controlados por la máquina, sean automatizados o no, se califican como normales; es decir, con 100, pues su velocidad no puede modificarse a la voluntad del operario.

Es fácil saber que en estudios con ciclos cortos, el analista por más que se esfuerce en calificar el desempeño del operario no lo puede hacer, pues su atención esta en el registro y valor de cada therblig implicado, que no podrá

observar, analizar y evaluar con efectividad el desempeño del operario. Dados los casos en que los estudios abarcan tiempos de más de 30 min. Es decir, un estudio constituido por elementos largos, el desempeño del operario varía durante todo el estudio.

Para tales situaciones, el analista debe evaluar y calificar periódicamente el desempeño, se califica con consistencia, precisión y detalle aquellos therbligs de duración mayor que 0.10 min, sin embargo, si el estudio comprende therbligs cortos menores a 0.10 min, no debe evaluarse dicho elemento por cada ciclo del estudio, pues no alcanza el tiempo. Siempre es mejor calificar el tiempo global de cada ciclo o grupo de ciclos.

A lo largo del tiempo y desarrollo del estudio de tiempos, han existido diferentes modalidades o métodos para calificar, entre los más importantes se encuentran los siguientes:

Método de calificación en cuanto a la velocidad. Este método de evaluación y desempeño, es limitado pues solo considera la tasa de unidades lograda por unidad de tiempo y no se presenta un análisis analítico.

Método o sistema Westinghouse: Este método considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario; habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Westinghouse no presenta una síntesis analítica determinada.

Método de calificación sintética: Este método creado con el fin de no basar la calificación a juicio del observador de estudio de tiempos, determina un factor de desempeño para elementos representativos durante el ciclo de trabajo mediante la comparación de tiempos elementales reales contra los tiempos desarrollados a través de los movimientos fundamentales. Su ejecución tiene un enfoque analítico.

Método de calificación objetiva: Este método elimina la dificultad de establecer un paso normal durante la operación, se basa en establecer una asignación a la operación con la que se evalúa el paso de toda la labor del operario, después de encontrado este paso se busca un factor secundario que indica una dificultad relativa. Los factores que influyen en esta dificultad son:

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

Extensión de cuerpo que se usa, pedales, bimanualidad, peso o resistencia encontrada. Este método es de carácter analítico.

Dado lo anterior se procede a dar la calificación del desempeño y asentarla en la hoja del estudio de tiempos. El valor de una calificación se escribe en la columna **C**, de la forma de estudio de tiempos, omitiendo el punto decimal lo que da como resultado un número entero equivalente a un porcentaje, esto con el fin de ahorrar tiempo.

Cuando se termina la etapa de registro de tiempos con el cronómetro se procede a multiplicar el tiempo observado **TO**, por la calificación **C**, y en una escala del 1-100, para obtener el tiempo normal **TN**, la formula es la siguiente:

$$TN = TO \frac{C}{100} \text{ ----- CD1}$$

Donde **C**= A la calificación del desempeño del operario expresada en porcentaje, y corresponde al desempeño estándar de un operario calificado.

Para establecer una calificación justa en la operación, se debe ignorar la personalidad y otros factores de variación, considerando únicamente la cantidad de unidades producidas por unidad de tiempo, comparando los resultados a su vez con la cantidad de unidades producidas por un operario calificado.

El procedimiento para la calificación por el desempeño es de carácter y juicio subjetivo, por lo tanto, entre más sencillo y conciso sea el plan, más fácil es su uso, a su vez, de mayor veracidad y validez son los resultados. Un procedimiento de calificación del desempeño cuya aplicación es sencilla, de explicación fácil y de resultados válidos, es la calificación de velocidad con puntos de comparación sintéticos, en este caso, 100 se considera normal para este procedimiento, y un desempeño más alto se indica con valores directamente proporcionales a 100.

La escala de calificación en cuanto a la velocidad casi siempre cubre un intervalo de 50-150, se puede hacer énfasis en el estudio de operarios cuyo desempeño está fuera de este intervalo; es decir, 3-1 de productividad, pero no es nada recomendable, por el contrario, cuanto más cercano sea el desempeño al estándar, mayor es el índice que se acerca a un tiempo normal justo. Cuatro son

los criterios en que se basan los analistas de estudio de tiempos, y que se usan para calificar la velocidad con el objeto de encontrar valores que satisfacen el 5% , se enlistan a continuación:

1. Experiencia en el tipo de trabajo realizado.
2. Uso de puntos comparativos en al menos dos de los elementos realizados.
3. Selección de un operario que tiene desempeños entre 85-115% del paso estándar.
4. Uso del valor medio de tres o más estudios independientes con diferentes operarios.³

Tanto la calificación por el desempeño del operario y los cálculos de la forma del estudio de tiempos, se presentan mas adelante.

5.3 Los Factores de Tolerancia

No existe un operario que pueda mantenerse a un solo paso estándar durante toda su jornada laboral; es decir, en todo su día de trabajo completo. Existen tres actividades que dan lugar a interrupciones durante las ocho horas de trabajo diarias, y a las que debe asignarse tiempo adicional para llegar al estándar justo.

La primera se refiere a las cuestiones personales, como ir al baño o a hidratarse (Necesidades personales), La segunda es la fatiga que se presenta aun más cuando se hacen trabajos de precisión o ligeros. La tercera y última actividad, hace mención a las llamadas demoras inevitables; es decir, problemas con herramientas, reparación de la maquinaria, problemas con los materiales etc. Las tres antes mencionadas requieren la asignación de un factor de tolerancia, por lo cual, dicho factor debe añadirse al tiempo normal para llegar a un estándar justo en que el operador pueda lograr de manera razonable su tasa de producción.

Cuando se realiza un estudio de tiempos, este toma en un periodo relativamente corto, y todos los elementos extraños dentro del estudio se eliminan para así determinar el tiempo normal. El tiempo que requiere un operario altamente calificado, capacitado, laborando a paso normal y realizando un

³ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 421, D. F. México, 2006.

esfuerzo promedio en la operación que realiza, se llama tiempo estándar **TS**, de la operación. El factor de tolerancia se expresa en forma de porcentaje (fracción), añadiéndose al tiempo normal como un multiplicador igual a 1, mas el factor de tolerancia, otra alternativa es formular el factor de tolerancia de manera global; es decir, como una fracción aplicada a la jornada laboral diaria del operario.

5.3.1 Factores de Tolerancia por Necesidades Personales

El principal factor de tolerancia a analizar, es el de las necesidades normales o personales del operador, estas son muy importantes ya que mantienen el bienestar personal del operario, este factor atañe e incluye suspensiones en la operación durante el día laboral, como lo son; ir al baño, beber agua o tomar precauciones ya preescritas.

En general, todas estas suspensiones en la operación dependen mucho de factores indirectos, pero que afectan el sitio de trabajo; va a ser muy necesario la hidratación constante en un horno de fundición de acero y aun mas las salidas al sanitario en las plataformas petroleras de lugares extremadamente fríos, que cuando se trabaja a temperaturas no tan desequilibrantes para la anatomía humana, en este último caso, el factor de tolerancia normal no se ve muy alterado.

En realidad, no hay fórmula científica para calcular el factor de tolerancia normal, para este caso la estadística hace acto de presencia en cuanto a producción dentro de las compañías, la verificación detallada y minuciosa de las observaciones en cuanto a las necesidades personales de cada operario han demostrado claramente un factor de tolerancia normal del 5% , para tiempo y necesidades personales; es decir, 24 min , por cada jornada de 8 hrs , de labor diaria. El factor de tolerancia normal antes mencionado es el apropiado para un operario ideal y bajo condiciones de trabajo normales.

5.3.2 Factor de Tolerancia por Fatiga Básica

Este factor de tolerancia incluye principalmente lo referente a la fatiga de tipo normal que se suscita al realizar determinada operación. Un factor de tolerancia por fatiga básica o normal es aquel que toma en cuenta la energía

necesaria y consumida para llevar a cabo un operación aliviando con esto, el peso de la monotonía acumulada en las labores del operario en planta.

Es adecuado asignar un factor de tolerancia del 4 % , al tiempo normal de un operario que realiza sus labores bajo condiciones normales de trabajo, con una buena posición al sentarse y sin caer en el alto grado de presión en su respectiva operación; es decir, sin cargas extremas motrices o mentales. Si se tiene un factor de tolerancia normal del 5 % , más el factor por fatiga básica del 4, queda en realidad confirmado un factor de tolerancia inicial del 9 % , esto para los operarios que laboran bajo condiciones óptimas e idóneas en sus estaciones de trabajo.

El factor de tolerancia por fatiga puede aumentar dependiendo de factores externos y que corresponden al medio ambiente, esto se puede evitar cuando los sistemas de producción son en verdad minuciosamente planeados con el objeto principal de reducir repeticiones, logrando así, efectividad y capacidad para el operario al reducirse la monotonía hasta el grado mínimo requerido.

5.3.3 Factores de Tolerancia por Fatiga Múltiple

En general, el factor de tolerancia por fatiga múltiple, se haya estrechamente ligado al factor de las necesidades personales y de fatiga básica, con la observación de que en el estudio se aplica solo cuando hay esfuerzo por parte del operario. Si en verdad se quiere encontrar el tiempo estándar justo con el objeto de minimizar costos en una fabrica, es mejor analizar minuciosamente la operación junto con el operario que la realiza y encontrar el factor de tolerancia óptimo antes de ir como hacen algunos analistas a consultar primero las tablas MTM, esto es un error, ya que los datos de estas tablas están conformados solo y exclusivamente para operarios de edad promedio, sanos y para una jornada laboral de 8 horas diarias.

Todavía y aunque se han hecho demasiados esfuerzos, el factor por fatiga sea básica o múltiple, no tiene aun las bases del todo racionales y científicas, en consecuencia, cuando se asientan las calificaciones por desempeño y por fatiga, esta última es la más atacada y mas débil, dado lo cual, las discusiones en cuanto a determinar el tiempo estándar del operador son algunas veces muy tediosas.

Quienes apoyan el método MTM, dan por hecho la omisión del factor de tolerancia por fatiga cuando se trata de encontrar el estándar ideal, argumentando que los valores MTM, están dirigidos hacia jornadas laborales de 8 horas, por otro lado, el tipo de operaciones es muy variado en la industria febril y, no siempre se puede prescindir de los operarios óptimos, al igual que las condiciones optimas en planta, aun con todo esto, se establecen hoy en la actualidad factores de tolerancia para la fatiga estimados empíricamente, y que se ajustan de manera idónea a las diferentes operaciones por parte de los operarios dentro la fabrica.

El factor de tolerancia para la fatiga múltiple no debe ser excluido, mucho menos nulo, todo lo contrario, se toma en cuenta bajo razones estrictamente físicas y psicológicas e irrefutables entre si. En la práctica se observa que el factor antes mencionado es decisivo e influyente en gran variedad de operarios, o tener poco efecto en otros tantos, todo depende de la operación que se ejecuta y los factores indirectos relacionados con el medio ambiente, son en si los factores indirectos en planta los que dan origen al factor por fatiga múltiple.

Se puede asumir a gran juicio, que el resultado de la fatiga sea por motivos mentales, físicos o indirectos, siempre se encamina a una sola dirección para el individuo que la experimenta; pues es evidente la falta de voluntad para realizar las labores encomendadas.

Existen además aspectos de importancia con respecto a la fatiga múltiple que repercuten en el buen desenvolvimiento del operario, y que afectan por consecuencia a la producción en planta. Se presentan a continuación:

1. Las condiciones de trabajo: Ruido, calor, temperatura, iluminación, humedad; entre otros, factores fundamentales de los cuales ya se hizo mención en el capítulo 3, con el objeto de facilitar al operario sus respectivas labores en la fabrica y por consiguiente elevar su productividad.
2. La naturaleza del trabajo: Como la postura, cansancio muscular, tedio, estrés, monotonía y el cuidado de la salud en general de cada operador. Cabe destacar, que debido a la automatización en la industria febril, el cansancio muscular dado en las operaciones de la mano de obra directa ha

decrementado considerablemente, más es contraproducente, pues el estrés mental y la monotonía tienden a incrementarse.

Un buen analista de tiempos sabe que la fatiga múltiple; es decir, aquella que es originada por factores externos a la estación de trabajo, no puede eliminarse, dado lo cual existen para esto; factores indirectos y sus respectivas tolerancias para llegar al estándar justo, los cuales deben ser adecuados, justos y obtenidos bajo circunstancias optimas en cuanto a la estación de trabajo y siempre enfocados a las tareas repetitivas del operador.

Existe una formula para determinar el factor de tolerancia por fatiga múltiple, este se basa en la disminución de la producción durante la jornada laboral, este método comienza con la medición de la tasa de producción durante cada cuarto o media hora de hora de la jornada, si se observa una disminución en la producción no originada por un cambio de método, demoras personales o inevitables; la fatiga esta haciendo acto de presencia. La formula es la siguiente:

$$F_M = (T - t) \left(\frac{100}{T} \right) \text{----- FFM1}$$

Donde: F_M = Al factor de tolerancia por fatiga múltiple en general, cuyo resultado se expresa en forma de porcentaje. t = Al tiempo transcurrido durante los primeros lapsos de hora cuando se realiza una operación, pero al iniciar la jornada laboral y, T = Al tiempo transcurrido durante los últimos lapsos de hora cuando se realiza una operación, pero al finalizar la jornada laboral.

Muchos han sido los esfuerzos para poder medir la fatiga con precisión, al igual que su respectivo factor de tolerancia y a través de variados medios, por desgracia ninguno a tenido éxito, es por esto que ILO (*International Labour Office* – Oficina Internacional del Trabajo), se ha dado al oficio de investigar y encontrar los factores de tolerancia por fatiga normal y múltiple tabulados los valores de estos factores a la tarea que el operador realiza y para diversas condiciones de trabajo.

Los factores de tolerancia por fatiga múltiple se clasifican de la siguiente manera: Intercambio de posturas, uso de fuerza, iluminación, condiciones

atmosféricas, atención requerida para la operación, nivel de ruido, tensión mental, monotonía y tedio.

Una vez que el analista determina los factores de tolerancia correspondientes a cada elemento del estudio, en seguida suma los valores para obtener el factor de tolerancia por fatiga global, después se suma al factor de tolerancia por fatiga básica. A continuación se enumeran los factores de tolerancia por fatiga múltiple de más importancia:

1. El factor de tolerancia dada la postura del operador.

La posición del operador en su estación de trabajo y con sus operaciones diarias es muy importante, dado lo cual, da origen a un factor de tolerancia que se refiere principalmente al metabolismo de los operarios en el trabajo en planta. Se consideran para este caso tres posturas básicas para el operador cuando este realiza sus operaciones en planta:

- A) Sentado: Postura cómoda que puede mantenerse durante periodos prolongados de trabajo en planta.
- B) Agachado: Postura demasiado incomoda que no puede mantenerse en periodos prolongados de trabajo en planta.
- C) De pie: Postura incomoda que no puede mantenerse en periodos prolongados de trabajo en planta.

Para las tres anteriores posturas, se han hecho estudios y formulado ecuaciones con respecto a operarios de ambos sexos, bajo condiciones normales de operación y de complexión normal (70 Kg), las cuales han arrojado los siguientes resultados:

- a) Cuando un operador alterna la posición sentado con la posición estar de pie se obtiene un factor de tolerancia del 2% .
- b) Si el operador alterna en la posición estar de pie, con la posición estar agachado, el factor de tolerancia alcanza un límite del 10% . Este valor depende mucho de la tarea del operario.

Los porcentajes ya descritos se calculan en base a la cantidad de energía que consume el operario en sus operaciones diarias y; en suma, todos los valores de tolerancia ya mencionados, se suman para obtener el factor de tolerancia justo.

2. La fuerza muscular como factor de tolerancia por fatiga múltiple.

El uso de la fuerza muscular en las labores del operario da cabida a un factor de tolerancia por fatiga múltiple, que es equivalente a un descanso, pues interactúan 2 principios fisiológicos; la propia fuerza muscular y la recuperación del músculo después de la fatiga. Cuando se presenta la fatiga muscular se observa un decremento significativo de la fuerza por parte del operario. Sus principios fundamentales son los siguientes:

- A) Decremento en la fuerza máxima, esta, se origina si la fuerza de levantamiento excede el 15% , de la fuerza máxima del operario.
- B) Si la contracción muscular estática es por demás prolongada, se incrementa la reducción en la fuerza muscular en el operario.
- C) Si existen variantes individuales o específicas del músculo, estas disminuyen si la fuerza es la normal, dada la máxima fuerza del músculo en cuestión.
- D) La recuperación es una función dado el grado de fatiga muscular; es decir, un porcentaje de disminución en la fuerza máxima requiere una cantidad dada de recuperación o descanso.

La formula empleada para obtener el factor de tolerancia por fatiga muscular que se presenta como un descanso a través de un porcentaje, es la siguiente:

$$D = 1800 \left(\frac{t}{T} \right)^{1.4} \left(\frac{f}{F} - 0.15 \right)^{0.5} \text{ ----- FM1}$$

Donde: D = Al factor de tolerancia por fatiga muscular, equivalente a un descanso, y cuyo resultado se presenta mediante una fracción. F = A la fuerza máxima del levantamiento medida en libras. T = Al tiempo máximo del levantamiento para la fuerza aplicada f , expresado en minutos. t = A la duración del levantamiento en minutos, y f = A la fuerza del levantamiento medida en libras.

T , a su vez se calcula de la siguiente manera:

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

$$T = \frac{1.2}{\left(\frac{f}{F} - 0.15\right)^{0.618} - 1.21} \text{ ----- FM2}$$

3. El factor de tolerancia debido al clima.

En mucho se ha tratado el poder modelar mediante una ecuación o modelo, el comportamiento de un operario dadas las condiciones del medio ambiente que le rodea en fabrica, así como, muchos han sido los fracasos para tal empresa, esto debido a las cuestiones fisiológicas propias de cada individuo en cuestión y su respuesta al medio ambiente. Muchas son las aportaciones hablando de factores de tolerancia en cuanto al medio ambiente que rodea a un operario y sus respectivas operaciones en producción, pero la mayoría desechada por la alta variedad en el resultado de los factores, incluso, los factores de tolerancia dado el medio ambiente y recomendados por ILO (*International Labor Organization* – Organización Internacional del Trabajo), no son lo bastante recomendables.

Para tal efecto, NIOSH (*National Institute Occupational Security Health* – Instituto Nacional para la Salud y Seguridad del Trabajo), tiene estándares más confiables, ya que estos se basan en la temperatura global del bulbo húmedo (TGBH), y el consumo de energía por parte del operador, es sobre estos fundamentos donde nace la siguiente formula:

$$FT_D = e^{(-41.5+0.016W+0.497TGBH)} \text{ ----- FTA1}$$

Donde: FT_D = Al factor de tolerancia expresado mediante una fracción y que da origen a un descanso durante la jornada laboral diaria. e = Al exponente. W = Consumo de energía en $kcal/min.$, por parte del operario y, $TGBH$ = A la temperatura global del bulbo húmedo expresada en F° .

Se puede también hacer uso de la siguiente formula para calcular el factor de tolerancia ya mencionado:

$$FT_D = \frac{W - 5.33}{W - 1.33} \text{ ----- FTA2}$$

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

4. Factor de tolerancia debido al nivel de ruido.

Mucho ya se habló en el capítulo 3, sobre el nivel de ruido y los decibeles permitidos por OSHA (*Occupational Security Health Administration* – Administración para la Salud y Seguridad en el Trabajo). Esta institución estableció los niveles permitidos de ruido al igual que los tiempos de exposición al mismo en la industria, de esta manera, se ha obtenido la siguiente formula para calcular en primera instancia, la dosis de ruido cuando este se presenta de manera combinada:

$$R_D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_{n+1}}{T_{n+1}} \leq 1 \text{ ----- FTR1}$$

Donde: R_D = A la dosis de ruido expresada en forma de decimal. C_{n+1} = Al tiempo que pasa un nivel específico de ruido expresado en horas y, T_{n+1} = Al tiempo permitido en cuanto a decibeles de ruido (tabla 5-2), medido en horas. A continuación se presenta la tabla 5-2.

dBA	Tiempo permisible en horas
80	32
85	16
90	8
95	4
100	2
105	1
110	0.5
115	0.25
120	0.125
125	0.063
130	0.031

Tabla 5-2⁴ Niveles permitidos de ruido recomendados por OSHA.

⁴ Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., Pág. 441, D. F. México, 2006.

La tabla anterior, únicamente presenta tiempos clave para determinadas dosis de ruido, se puede calcular el tiempo de exposición permitido para dosis de ruido intermedio, con la siguiente fórmula:

$$T = \frac{32}{2^{\left(\frac{N-80}{5}\right)}} \text{----- FTR2}$$

Donde: N = Al nivel de ruido medido en dB A , y expresado a manera de números enteros.

En lo referente al cálculo del factor de tolerancia por dosis de ruido en fábrica, este se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$FT_D = (R_D - 1) \text{----- FTR3}$$

Donde: FT_D = Al factor de tolerancia por dosis de ruido, expresado en decimales y, que también es equivalente a un descanso durante la jornada laboral.

5. Factor de tolerancia debido a la iluminación

Tanto ILO, como IES (*Industrial Engineering Society* – Sociedad Ingeniería Industrial), han aportado estándares en cuanto a factores de tolerancia, y referidos en este caso, a niveles de iluminación dentro de la industria febril. Se considera a un factor de tolerancia bajo, cuando este valor se encuentra en el límite inferior recomendado por las anteriores instituciones, dado lo cual, se asigna un factor de tolerancia igual a cero, si determinada operación se encuentra debajo del estándar de una iluminación adecuada, es una tarea fuera los estándares recomendados, por lo tanto, se le asigna un factor de tolerancia del 2% , y una operación bastante inadecuada en cuanto a niveles de iluminación, recibe un factor de tolerancia del 5% . Los factores antes mencionados tienen mucho de realidad, pues, al aumentar la distancia del objeto en cuestión, se requiere de mayor iluminación para producir el cambio buscado.

La experiencia dice al respecto, que al aumentar la iluminación en la operación, se obtiene como resultado un desempeño mas eficaz, dicha medida de desempeño es la óptima dado el tiempo que duran las operaciones del operario en planta y bajo ciertas condiciones de iluminación, no olvidando claro esta, que la

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

precisión de la labor que se ejecuta juega un papel muy importante. En la siguiente hoja se observa la tabla 5-3, tabla a la que hay que analizar detalladamente pues contiene categorías conforme a la iluminación de las cuales ya se hizo mención en el capítulo 3.

f_c	lux	Modelo (s)	% (cambio)	Categoría	FT
75	750	207.3	0	Recomendado	0
50	500	210.0	1.3	Un poco bajo	0
30	300	213.9	3.2	Muy bajo	0.02
20	200	217.2	4.8	Muy bajo	0.02
15	150	219.8	6.0	Inadecuado	0.05
10	100	223.6	7.9	Inadecuado	0.05

Tabla 5-3 Modelos en los que se experimenta el tipo de iluminación sobre una operación y su respectivo factor de tolerancia.

Ya se explico en el capítulo 3, detalles importantes respecto a la iluminación que tienen mucho que ver con este tema y que tienen que analizarse con minuciosidad, a continuación se presenta la tabla 5-3, que da a conocer varios modelos, iluminación referida y los respectivos factores de tolerancia implicados.

6. Factor de tolerancia por tensión visual.

Para el caso de de la tensión visual, es decir, el empleo de la vista en exceso según la operación que se realice, también existe un factor de tolerancia. ILO, presenta factores de tolerancia frente al tema, no obstante, no existen dichos factores para trabajos finos o muy finos y de alta precisión; sin embargo, un factor del 2%, para trabajo fino y preciso, al igual que un 5%, para operaciones del tipo muy fino y de muy alta precisión son los factores idóneos, hay que tomar en cuenta que dichos factores están basados bajo los requerimientos visuales de la labor, no tomando en cuenta las condiciones donde se realiza el trabajo, de donde los conceptos como la reflexión, la propia iluminación, el reflejo, color, tiempo y contraste juegan un papel de importancia. Se puede ratificar con lo anterior que los factores de tolerancia ofrecidos por ILO, no pasan de ser aproximaciones demasiado faltas de veracidad.

Existen ante todo, métodos para establecer un factor de tolerancia idóneo y de relevancia, los siguientes criterios son la base para determinar la visibilidad necesaria que necesita un operario sobre el objeto u objetos en que trabaja:

1. Iluminación adecuada al fondo de la operación: Que no es otra que la magnitud de luz que se refleja desde el fondo del objeto hasta los ojos del operario. La unidad de medida utilizada es el *ft – Lambert*.
2. El contraste: Que es la diferencia entre el nivel de iluminación al que se encuentra el objeto u su respectivo fondo. El contraste juega un papel importante, pues se puede ajustar; es decir, dividirse dadas las condiciones del mundo real, el movimiento al que se somete el objeto en cuestión y la incertidumbre a ser localizado.
3. El tiempo de observación del objeto: Que puede ser de milisegundos a varios segundos, y que en dado caso afecta el desempeño, la exactitud y velocidad en la operación.
4. El tamaño del objeto, medido en base al ángulo visual en arcominutos.

Dados los criterios anteriores, se puede modelar la visibilidad mediante la siguiente fórmula:

$$\%Obj = 81(C^2)(L^{0.045})(T^{-0.003})(A^{0.199}) \text{ ----- FTV1}$$

Donde: %Obj = Al porcentaje de objetos detectados, este valor tiene un intervalo del 0–100%. *C* = Al contraste con un intervalo del 0.001–1.8. *L* = A la iluminación en el fondo (1–100). *T* = Al tiempo para ver el objeto y que va del 0.01–1s, y *A* = Al ángulo visual medido en arcominutos (1/64).

Una vez obtenido el porcentaje de objetos detectados o percibidos, lo siguiente es proporcionar el factor de tolerancia óptimo, así, si existe un porcentaje mínimo del 95%, de objetos percibidos, se define que es una operación sin problemas y cercana al trabajo fino, por lo cual, el factor de tolerancia idóneo es del 0%. Este factor de tolerancia no hay que olvidar se presenta también como un descanso durante la jornada laboral.

Si el porcentaje de objetos detectados, se encuentra en al menos el 50% , se define un trabajo del tipo fino o preciso, lo que sugiere un factor de tolerancia del 2% , y si el porcentaje esta debajo del 50% , de detección se define un trabajo muy fino y de muy alta precisión, por lo que el factor del 5% , es el ideal.

7. El factor de tolerancia por tensión mental.

La tensión o estrés mental, es en realidad difícil de medir dada la infinidad de operaciones que existen en la industria febril, en la actualidad no se cuentan con estándares veraces para la carga y esfuerzo mental, y si se añade a esto la gran variedad de individuos que realizan la misma operación, no se puede llegar a un valor confiable.

La definición de estrés mental implica entre muchos puntos a señalar; entender de manera objetiva todo aquello que afirma que una tarea es en verdad compleja, aspecto del cual, los modelos matemáticos respecto al tema carecen hoy en día. Para poder acercarse con la mayor precisión al factor de tolerancia ideal correspondiente al estrés mental equivalente a un descanso durante la jornada de labores, se tienen los siguientes fundamentos:

- A) Obtener a detalle y por medio de un parámetro muy independiente del estudio la complejidad de la operación.
- B) Encontrar la evidencia objetiva, la razón del cambio en la producción de unidades durante la jornada laboral, la fatiga y el tiempo que transcurre en ella.
- C) Hacer un análisis minucioso de la fatiga por tensión mental, cuando la experimenta el operario, al igual que el lapso de tiempo de inicio a fin.

No obstante, con estos criterios y la información que se a encontrado, esta tiene variaciones debido principalmente la motivación de cada operario, lo cual afecta los resultados obtenidos y en realidad hace inútil la labor comparativa entre estudios. Aun los estudios hechos por ILO, no son lo bastante confiables en cuanto a sus factores de tolerancia por tensión mental, teniendo que recurrir los analistas a otras fuentes para obtener un estándar justo.

Estudios más recientes, basados en medidas de lectura y operaciones aritméticas mentales, han servido como la confirmación más amplia para el factor

de tolerancia por tensión mental, así, se ha concebido que para la lectura como para las operaciones aritméticas mentales un factor del 4% , añadido al tiempo normal y que se aplica a través de un descanso es lo idóneo. Sin embargo, en cuanto al desempeño de la lectura, este disminuye a una tasa del 3.5% , por hora, mientras que en lo referente a las operaciones aritméticas existe una disminución del 2% , por cada hora.

Dado lo anterior, los informes de ILO, presentan decrementos por tensión mental durante la primera hora, pero los datos no son confiables cuando se trata de periodos más prolongados, por lo que los analistas piensan se debe hacer una modificación al respecto.

8. El factor de tolerancia debido a la monotonía.

Se define a la monotonía como a la uniformidad, la falta de tono, y en sentido figurativo, la falta de variedad en determinada situación o circunstancia, para tal efecto, existe un factor de tolerancia que es representado a través de un porcentaje y es igual a un descanso adicionado al tiempo normal.

El factor de tolerancia para la monotonía, existe debido al uso repetitivo de ciertas facultades mentales por parte del operador en planta al realizar sus operaciones; es decir, la monotonía aparece cuando la persona usa en repetidas ocasiones las mismas facultades mentales. Cuando las operaciones presentan poca monotonía no reciben un factor de tolerancia adicional, si la monotonía es del tipo medio se le asigna un factor del 1% , pero cuando se presenta el alto grado de monotonía en las labores, se asigna un factor de tolerancia del 4% .

Este último valor es el máximo como factor para las operaciones monótonas, cabe destacar que las labores de vigilancia también presentan cierto grado de monotonía, y merecen su respectivo factor de tolerancia por parte del analista.

9. El factor de tolerancia debido al tedio.

El tedio tiene como definición propia, el fastidio, la repugnancia, el aburrimiento y la molestia, todo esto debido a las tareas repetitivas del operador en la planta, por lo cual, existe un factor de tolerancia o suplemento que se adjunta al tiempo normal.

El tedio, es el resultado del uso repetitivo de los mismos movimientos físicos por parte del operario; es decir, repeticiones constantes de ciertos miembros del cuerpo, tales como: Dedos, muñecas, manos, brazos, piernas entre otros. En general, el factor de tolerancia para operaciones repetitivas es del 0% , para una operación algo tediosa se asigna un factor del 2% , y una operación en alto grado tediosa alcanza un factor del 5% , como máximo.

5.3.4 Factores de Tolerancia por Demoras Inevitables

Las demoras inevitables surgen de elementos externos que afectan en directamente la labor del operario, tales como: Interrupciones del supervisor para dar nuevas instrucciones o información necesaria, un inspector de calidad hace lo mismo al dar a conocer defectos en determinadas unidades producidas y el analista de estudio de tiempos de igual forma. Existen otro tipo de interrupciones durante la operación como las irregularidades en los materiales, la dificultad para cumplir las tolerancias de diseño y especificaciones; pero sobre todo, la interferencia cuando se asignan máquinas múltiples. Ningún operario dentro de planta esta excluido de las interrupciones durante su jornada laboral, ya sea por aquellos que le rodean, por las máquinas que opera el trabajador o por las descomposturas de las mismas.

Las demoras inevitables, también se originan debido a las deficiencias de los materiales, ya que estos pueden no estar en el lugar más adecuado, no ser los idóneos en cuanto a propiedades como la dureza, o carecer de las medidas ya estandarizadas para la manufactura de determinado artículo. Si las especificaciones de los materiales estriban por mucho el estándar para la fabricación, el factor de tolerancia para las demoras inevitables no será el adecuado, entonces, el analista de tiempos tiene, para este caso, que revisar la operación desde su comienzo y dar un factor de tolerancia para los elementos adicionales. Los factores de tolerancia más importantes se definen de la siguiente manera:

1. Factor de tolerancia por asignación de maquinas múltiples.

Si en la jornada laboral se le asignan más de una máquina al operario, una o más máquinas tienen que esperar hasta que el operario termine su labor con la

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

primera máquina, hay que tomar en cuenta que si se asignan mas máquinas a la operación el factor de tolerancia tiene que incrementarse.

Para el caso en que a un operario tenga asignadas dos máquinas y hasta seis de estas, se cuenta con la siguiente tabla (5-4), la cual, se basa en valores empíricos para los respectivos factores de tolerancia, y que se representan mediante una fracción (continua la tabla en la hoja siguiente).

Número de Máquinas	2 Máquinas	3 Máquinas	4 Máquinas	5 Máquinas	6 Máquinas
Razón	1	1	1	1	1
Factor	0.44	2			
Razón	2	2	2	2	2
Factor	0.20	0.71	1.7		
Razón	3	3	3	3	3
Factor	0.14	0.41	0.85	1.9	
Razón	4	4	4	4	4
Factor	0.09	0.28	0.6	1.3	
Razón	5	5	5	5	5
Factor	0.075	0.22	0.45	0.89	1.6
Razón	6	6	6	6	6
Factor	0.063	0.18	0.37	0.69	1.2
Razón	7	7	7	7	7
Factor	0.052	0.15	0.28	0.55	0.88
Razón	8	8	8	8	8
Factor	0.048	0.13	0.24	0.45	0.7
Razón	9	9	9	9	9
Factor	0.042	0.11	0.21	0.4	0.62
Razón	10	10	10	10	10
Factor	0.04	0.096	0.19	0.35	0.51
Razón	15	15	15	15	15
Factor	0.029	0.069	0.13	0.22	0.32
Razón	20	20	20	20	20
Factor	0.022	0.05	0.09	0.16	0.22
Razón	30	30	30	30	30
Factor	0.017	0.035	0.06	0.096	0.14
Razón	40	40	40	40	40
Factor	0.014	0.027	0.048	0.072	0.093
Razón	50	50	50	50	50
Factor	0.013	0.023	0.04	0.057	0.076
Razón	60	60	60	60	60

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

Factor	0.012	0.02	0.034	0.048	0.06
Razón Factor	70 0.01	70 0.019	70 0.03	70 0.043	70 0.056
Razón Factor		80 0.018	80 0.028	80 0.04	80 0.05
Razón Factor		90 0.017	90 0.027	90 0.038	90 0.048
Razón Factor		100 0.016	100 0.026	100 0.035	100 0.045

Tabla 5-4 Se muestran los factores de tolerancia respectivos para operarios que trabajan con 2, y hasta 6 máquinas. El termino razón, obedece al cociente del tiempo promedio de operación de la máquina, entre el tiempo normal de ciclo para producir una unidad completamente terminada.

Los factores de tolerancia ya mencionados en la tabla anterior corresponden a operarios que tienen asignadas de 2, y hasta 6 máquinas, para el caso en el que el operario tenga a cargo el trabajo de 7 máquinas o más, se tiene la siguiente fórmula:

$$I = \frac{50 \left[\sqrt{\left(1 + \frac{T_M}{T_S} - N\right)^2 + 2N} - \left(1 + \frac{T_M}{T_S} - N\right) \right]}{100} (T_S) \text{ ----- FAM1}$$

Donde: I = A la interferencia expresada en minutos y que equivale a una interferencia de alguna m del tiempo medio de servicio. T_M = Al tiempo medio de la máquina en operación para producir un paquete o determinada producción esperada y calculado mediante un estudio con cronómetro. T_S = Al tiempo medio de servicio estándar por una unidad completamente terminada y, N = Al número de máquinas asignadas a el/los operario(s) (mas de seis).

De igual forma, se puede calcular el tiempo estándar por una tasa de producción:

$$TSP_E = T_M + T_S + I \text{ ----- FAM2}$$

Donde: TSP_E = Al tiempo estándar expresado en minutos y ocupado para producir determinados paquetes o una producción esperada.

Para el cálculo del tiempo estándar expresado en minutos por un solo paquete o una fracción de determinada producción esperada, se tiene la siguiente ecuación:

$$TS_p = \frac{TSP_E}{UP} \text{ ----- FAM3}$$

Donde: TS_p = Al tiempo estándar ocupado para producir una solo paquete o fracción de una producción esperada y, UP = A las unidades que conforman cada paquete o fracción de una producción esperada dado el tiempo medio para este paquete o producción parcial.

El tiempo de interferencia de máquinas equivalente al factor de tolerancia y expresado este último en forma de porcentaje, se puede calcular mediante la siguiente razón:

$$FD_i = \frac{I}{(T_M + T_S)}(100) \text{ ----- FAM4}$$

Donde: FD_i = Al factor de tolerancia expresado en forma de un porcentaje por interferencias o, por decirlo así, tiempos muertos durante el uso y manejo de dos o más máquinas por un operario. Al factor antes mencionado, se añaden otros factores de tolerancia.

Es indispensable aclarar, que este factor tiende a aumentar dado el desempeño del operario. Si el trabajador muestra un buen nivel, y se esfuerza haciendo todo lo posible por reducir el tiempo de la máquina parada, decrementa por consecuencia el factor de tolerancia.

2. Factor de tolerancia por descomposturas.

Es muy común en planta, que la maquinaria tienda a sufrir descomposturas, pues, el trabajo que estas presentan en el proceso de manufactura es continuo, para encontrar el respectivo factor expresado en forma de porcentaje, se tienen las siguientes fórmulas, que a su vez, van en función de la razón de servicio k , lo cual indica que el uso de tablas de operación e interferencia para máquina(s), es indispensable. Para k , se tiene la fórmula:

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

$$k = \frac{l}{m} \text{ ----- FD1}$$

Donde: k = Al valor de razón en cuanto a servicio y base para encontrar en tablas la interferencia i . l = Al tiempo medio de servicio estándar por unidad. m = Al tiempo medio de la máquina en operación, calculado mediante un estudio con cronómetro. La siguiente ecuación es vital para posteriormente encontrar el tiempo de interrupción T_i :

$$c = m + l + i \text{ ----- FD2}$$

Donde: c = Al tiempo total de ciclo. i = Al valor de interrupción de máquina, expresado como porcentaje en tablas una vez obtenido k . En el caso de querer encontrar el tiempo de interrupción de la máquina expresado en minutos, se tiene la siguiente expresión:

$$T_i = Vc \text{ ----- FD3}$$

Donde: T_i = Al Tiempo de interferencia expresado en minutos, por la descompostura de una o las máquinas implicadas en la operación. V = Al valor encontrado en tablas para la descompostura de máquina(s), obtenida la razón k , y el número de máquina(s) N .

Una vez encontrado el tiempo de interferencia T_i , se puede encontrar el factor de tolerancia debido a la descompostura de la(s) máquina(s), se obtiene mediante la fórmula:

$$FD = \frac{T_i}{(m+l)}(100) \text{ ----- FD4}$$

Donde: FD = Al factor de tolerancia por descompostura expresado como porcentaje, y al cual se añaden otros factores o suplementos.

Con las fórmulas antes mencionadas, el analista puede calcular los factores de tolerancia por descomposturas, al igual que los tiempos muertos o de interrupción por maquinaria múltiple asignada a un operario. Si se observa que el tiempo de interferencia normal calculado por el analista es menor al tiempo de

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

interferencia observado en la máquina, se concluye, que una medida al doble de tiempo afecta el desempeño del operario.

3. Factor de tolerancia por limpieza de la(s) máquina(s).

La limpieza de la estación de trabajo es muy importante; pero más aun lo es la limpieza de las máquinas involucradas en las operaciones diarias.

Máquina Tipo de máquina	Grande Factor	Mediana Factor	Chica Factor
Limpieza de máquina con uso de lubricante.	0.01	0.0075	0.005
Limpieza de máquina sin uso de lubricante.	0.0075	0.005	0.0025
Limpieza y resguardo de gran cantidad de equipo y herramientas.	0.005	0.005	0.005
Limpieza y resguardo de pequeñas cantidades de equipo y herramientas.	0.0025	0.0025	0.0025
Limpieza de maquinaria automatizada que automáticamente para ser limpiada	0.01	0.0075	0.005

Tabla 5-5 Se muestra con claridad los tipos de máquina(s) de la industria febril; así como, sus respectivos factores de tolerancia relacionados con su limpieza.

Si corresponde al operador dar la limpieza a la(s) máquina(s) terminada la jornada laboral, se aplica un factor de tolerancia dado el tamaño, el tipo de la máquina y la complejidad de la operación. Si el analista de tiempos junto con el supervisor dan por eliminado dicho factor, solo se le asigna al operario un tiempo de 10 o 20 minutos para realizar la limpieza.

4. El factor de tolerancia por lubricación de la(s) máquina(s).

Cuando se trata de la lubricación de maquinas involucradas en la operación y su respectivo factor de tolerancia, no hay mucho que agregar al respecto; si el supervisor y el analista de tiempos desean omitir el factor, un tiempo de 10-20 minutos es el suficiente para que el operario realice este tipo de funciones. Solo se toma en cuenta el factor de tolerancia cuando el operario es el encargado de lubricar las máquinas, la tabla 5-6, mostrada en la siguiente página muestra los factores de tolerancia para la lubricación de máquinas:

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

<u>Máquina</u> Tipo	<u>Grande</u> Factor	<u>Mediana</u> Factor	<u>Pequeña</u> Factor
Maquina lubricada a mano.	0.015	0.01	0.005
Maquina de lubricación automática.	0.005	0.005	0.005

Tabla 5-6 Se muestran los factores de tolerancia, el tipo y el tamaño de la máquina indispensables para establecer un estándar justo.

5. Factor de tolerancia para el mantenimiento de herramientas.

En lo referente al mantenimiento de la herramienta utilizada en las máquinas, es necesario un factor de tolerancia, esto se debe a que el operario debe de tener a la mano y en la posición correcta su herramental antes de iniciar sus respectivas operaciones.

Cuando dicho herramental no es demasiado grande, este mantenimiento se hace durante la jornada laboral. Si es el caso de jornadas más largas donde el herramental se utiliza constantemente, el porcentaje o factor de tolerancia hace acto de presencia, y varía de acuerdo al número de herramientas utilizadas en la preparación del herramental antes de la operación. La tabla 5-7, muestra los factores correspondientes para el mantenimiento de herramientas:

Situación del herramental	Factor de tolerancia
Una o más herramientas en almacén	0.01
Mantenimiento de una herramienta por parte del operario	0.03
Mantenimiento de dos o mas herramientas por parte del operario	0.06

Tabla 5-7 Se puede observar a detalle, la situación de la herramienta y su respectivo factor de tolerancia.

En las labores dentro de la planta, que son de bastante número y que mantienen a los operarios, la mayoría del tiempo ocupado en sus respectivas operaciones, las demoras inevitables no existen dado lo anterior; es decir, el tiempo productivo, que es la jornada laboral, no da cabida a tiempos muertos u ociosos, a menos claro esta; se presenten por conducto de una descompostura, interrupción de máquinas o descanso por fatiga. No existen factores de tolerancia

por socializar entre operarios, visitas inesperadas o simplemente parar la producción sin motivo o razón.

5.3.5 Cálculos Fundamentales del Factor de Tolerancia

Los factores de tolerancia, en general tienen el objeto fundamental de encontrar el estándar justo en su producción diaria cuando el desempeño del operario es el óptimo, y se encuentra en condiciones promedio en su estación de trabajo, para esto, los suplementos o factores, son los encargados de añadir tiempo suficiente al tiempo normal de producción en fabrica.

Para obtener el factor de tolerancia global o total de determinada operación, se realiza lo siguiente:

Factor por necesidades personales _____	5 %
Factor por fatiga básica _____	4 %
Factor por fatiga múltiple _____	1 %
Factor por demoras inevitables _____	2 %
Factor de tolerancia total _____	12 %

Una vez obtenido el valor total del factor de tolerancia, se realiza el siguiente cálculo mediante la siguiente expresión:

$$TE = TN(1 + FT) \text{ ----- CF1}$$

Donde: *TE* = Al tiempo estándar de la operación. *TN* = Al tiempo normal de la operación, y *FT* = Al factor de tolerancia global o total expresado en forma de fracción. De esta manera; se encuentra el estándar justo e ideal para la producción en la fábrica.

Algunas firmas tienden a a realizar el calculo del factor total, pero para un día de jornal laboral completo, ya que se dan los casos en que no se conoce el tiempo de producción efectivo o este simplemente esta estimado empíricamente, dado lo cual, y basados en el factor de tolerancia total anterior (12 %), se emplea la siguiente formula:

$$TE_j = 480 \frac{100}{(100 - FT)} \text{ ----- CF2}$$

Donde: TE_j = Al tiempo estándar por jornal expresado en minutos. 480 = A los minutos de trabajo efectivo (TN), contenidos en jornal laboral de 8 horas, y FT = Al factor de tolerancia total o global expresado en porcentaje.

Entonces: Si en una planta, se desea conocer el factor de tolerancia (12%), expresado en minutos y durante una jornada laboral completa de ocho horas; se utiliza CF2:

$$TE_j = 480 \frac{100}{(100 - 0.12)} = 545 \text{ min.}$$

Si se resta este valor obtenido menos las

horas efectivas de trabajo ($480 = TN$), se tiene: $545 - 480 = 65 \text{ min.}$ Por lo tanto, por cada jornal laboral diario de ocho horas diarias, y con un factor de tolerancia del 12%, se ocupan 65 min. de interrupción en las labores. Teniendo entonces 415 min. de trabajo efectivo por parte de cada uno de los operarios implicados.

5.4 Cálculos y Variables Implicadas en el Estudio de Tiempos

Una vez en mano, la forma para el estudio de tiempos con toda la información requerida a registrar, se procede a calcular el número de ciclos ideal para observar al operario, lo siguiente, es dar inicio al estudio de frente y en buena posición por parte del analista, sincronizar el reloj maestro con el cronómetro e iniciar el estudio, a lo anterior y en la forma se le conoce como **Tiempo de inicio**, una vez hecho esto, se procede a calcular el tiempo transcurrido antes del estudio **TTAS**; que es el tiempo en caminar a la operación e iniciar el estudio. Inmediatamente después se da paso a su calificación **C**, dicha calificación tiene que ser de carácter sencillo o bien **Promedio**.

Se sabe que en el método continuo cada valor obtenido por parte del cronómetro, se resta de la lectura anterior para obtener el tiempo total transcurrido por cada elemento, este valor se registra en la columna **TC**. Si se usa el método de regresos a cero; el valor se registra en la columna **TO**, ambos métodos se pueden usar solo hay que hacer las operaciones correspondientes en las lecturas del cronómetro. Se debe tener especial cuidado en este cálculo, ya que un valor inequívoco destruye por completo la validez del estudio.

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

Si la calificación del desempeño **C**, tiende a ser por elemento, se multiplican los tiempos elementales **TC** o **TO**, por el factor de calificación por desempeño, calculando así el tiempo normal **TN**, y se registra el resultado en los espacios de la columna o fila **TN**. Se conoce así la fórmula para el tiempo normal:

$$TN = TO \frac{C}{100} \text{ ----- ET1}$$

A los elementos que el analista no encontró u omitió se marcan con una **F**, en la columna **TC** o **TO**, según sea el caso y se ignoran totalmente, si ocurrió que el operario no realizó un elemento de un ciclo dado, el analista sólo cuenta con todos los valores elementales contemplados menos uno, si esto ocurre, se debe ignorar el elemento faltante y también debe de ignorarse el siguiente, pues, el valor restado en el estudio incluye tiempo para realizar ambos elementos. Para encontrar el tiempo de cada elemento fuera de orden se restan los valores adecuados de tiempos obtenidos con el uso del cronómetro.

Si se trata de determinar el tiempo de los elementos extraños y que obedece a un determinado tiempo observado **TO**, se encuentra dicho valor a partir del tiempo de ciclo del elemento correspondiente. Para obtener el tiempo promedio de un elemento extraño se resta la lectura **TC1**, menos el valor de la lectura **TC2**, dentro espacio referente a los elementos extraños de la forma de estudio de tiempos.

Ya terminada la acción de cronometrar todos los elementos implicados se procede a tomar la lectura del **Tiempo de terminación**. Al tiempo que toma confirmar y registrar las lecturas implicadas en la forma del estudio de tiempos se le conoce como el tiempo transcurrido después del estudio de tiempos **TTDS**.

Realizados estos cálculos, el analista debe estudiarlos con mucho cuidado y a detalle, tratando de este modo encontrar anomalías, pero si estas llegasen a aparecer y son de considerada variación, a tal grado de afectar un elemento en forma considerable, entonces se coloca un círculo alrededor de las lecturas y se excluyen del resto del estudio. Un analista de tiempos sabe que las variaciones grandes existen debido a la naturaleza de la operación. Si la operación lleva cierto alargue de tiempo, no es lógico y recomendable desechar tales valores.

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

En lo referente a las máquinas y sus respectivos elementos, estos tienen siempre poca variación en comparación con los manuales cuando se suscitan variaciones de tiempo inexplicables, a lo cual se pone un círculo en estas lecturas, lo anterior debe ser una decisión de mucho cuidado, pues si se descartan los valores altos y bajos de manera arbitraria, lo seguro es la obtención de un estándar incorrecto. Si se tiene duda al respecto, la regla es no descartar el valor del cual surge dicha duda.

Cuando se tiene ya el valor del tiempo normal **TN**, el paso siguiente es determinar el valor del tiempo normal elemental promedio dividiendo el total de tiempos registrados en la columna **TN**, entre el número de observaciones. Una vez calculados todos los tiempos normales por cada elemento, se verifican asegurando así que no hay error en la aritmética y de registro. Es mejor llenar toda la forma del estudio de tiempos, esto con el fin de lograr la mayor exactitud.

Si el analista quiere realizar un estudio con lujo de exactitud, debe llenar toda la forma del estudio de tiempos, lo primero es sincronizar el cronómetro con su reloj maestro, registrar el tiempo de inicio **TTAS**, tomar cada una de las lecturas según el método empleado **TC** o **TO**, identificar los elementos extraños **TC1-TC2**, y el **Tiempo de terminación**, calculado este al detener el reloj maestro del cronómetro. A continuación el analista hace una suma de los siguientes registros:

1. El **Tiempo efectivo**, que es la suma de todos los tiempos por elemento, ya sea por el método de regresos a cero **TO**, o el método continuo **TC**, todo se registra en el espacio correspondiente.
2. Los tiempos de elementos extraños totales conocidos como **Tiempo inefectivo**.
3. El total del tiempo transcurrido antes del estudio **TTAS**, y el tiempo transcurrido después del estudio **TTDS**, que se obtiene al sumar las dos lecturas ya mencionadas y registradas.

Cuando **TTAS** y **TTDS**, se suman, estas dos últimas cantidades dan como resultado el **Tiempo de verificación**. La diferencia entre los tiempos de inicio y terminación en el reloj maestro, es igual al **Tiempo transcurrido**.

Para el cálculo del **Tiempo total registrado**, se suma el valor de las siguientes lecturas: El **Tiempo de verificación** mas el **Tiempo efectivo** mas el **Tiempo inefectivo**.

La diferencia entre el **Tiempo transcurrido**, y el **Tiempo total registrado**, da como resultado el **Tiempo no registrado**, esta diferencia puede ser negativa o positiva, para este caso, se requieren resultados positivos y absolutos. En una visión muy general, y si se realizó un buen estudio el valor del cálculo antes mencionado debe ser cero.

El cociente del **Tiempo no registrado** entre el **Tiempo transcurrido**, da como resultado un porcentaje al que se le denomina **Error de registro**, este valor debe ser menor al 2% , si se rebaza este limite el estudio tiene que repetirse.

Una vez calculados los tiempos normales **TN**, de cada elemento el analista debe incluir el **Factor de tolerancia (FT)**, de cada elemento, esto con el fin de obtener los tiempos estándar o permitidos. Por ejemplo, si un elemento (*x*), tiene un tiempo normal de 0.147 min , y se tiene un factor de tolerancia de 1.11, el tiempo estándar de este elemento se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$TE = TN(1 + FT) \text{ ----- ET2}$$
$$TS = 0.147(1 + 0.11) = 0.1617 = 0.162 \text{ min}$$

Ya calculados los tiempos estándar de cada uno de los elementos implicados, estos tiempos se suman y se obtiene así; el **Tiempo estándar de toda la operación**, esta lectura final se asienta en el espacio correspondiente dentro de la forma del estudio.

5.5 Software y Cálculos Adicionales

Par una mejor comprensión al respecto del tema ya mencionado, se procede a llenar la forma del estudio de tiempos, pero en la hoja de cálculo Excel, se presenta el ejemplo en la siguiente página, a continuación:

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

ESTUDIO DE TIEMPOS										
1	MG DIVISIÓN DE EQUIPOS									
2	Operación:	P. de Sensor	T. de inicio	15:30	Fecha:	02/01/2014	Operador:	Antonio García	T. estándar	
3	Departamento:	C. de calidad	T. de terminació	16:02	Turno:	V	Sexo:	M	total	
4	No. de parte:	SN486	T. transcurrido	32.00	Estudio:	123	Analista:	Ing. Agustín Avelino	5.33	
5	Tamaño:	1x6x2	Producción	12 pruebas	hoja:	1	Observaciones:	6		
7	Elementos		Ciclos				Resumen			
8	1	1	2	3	4	5	6	Total (min.)	Promedio	
9	1. Obtener y	C	120	100	110	120	98	100	108	FT
10	colocar sensor	TC	0.55	0.74	0.92	1.13	1.37	1.57	1.57	11
11	para prueba fi-	TO	0.25	0.19	0.18	0.21	0.24	0.20	1.27	T. estándar
12	nal.	TN	0.30	0.19	0.20	0.25	0.24	0.20	1.38	0.23
13	2. Conectar	C	110	95	110	95	120	90	103	FT
14	sondas y ca-	TC	0.50	0.95	1.31	1.65	2.06	2.49	2.49	11
15	bles.	TO	0.40	0.45	0.36	0.34	0.41	0.43	2.39	T. estándar
16		TN	0.44	0.43	0.40	0.32	0.49	0.39	2.47	0.41
17	3. Realizar la	C	100	115	100	90	95	100	100	FT
18	prueba en la	TC	5.00	8.50	12.00	15.50	19.00	22.50	22.50	11
19	computadora.	TO	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	21.00	T. estándar
20		TN	3.50	4.03	3.50	3.15	3.33	3.50	21.00	3.50

Gráfica 5.1 Parte superior de un estudio de tiempos elaborado en la hoja de calculo Excel.

19	computadora.	TO	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	21.00	T. estándar
20		TN	3.50	4.03	3.50	3.15	3.33	3.50	21.00	3.50
21	4. Registrar	C	100	80	100	100	105	100	98	FT
22	los resultados	TC	0.80	1.49	2.18	2.83	3.51	4.17	4.17	11
23	obtenidos.	TO	0.70	0.69	0.69	0.65	0.68	0.66	4.07	T. estándar
24		TN	0.70	0.55	0.69	0.65	0.71	0.66	3.97	0.66
26	Verificación de tiempos		Elementos extraños				Factores de tolerancia			
27	TTAS		2.1		TC1	TC2	TO	Descripción	Personales	5%
28	TTDS		0.7	1	0.00	0.25	0.25	Ver sondas	F. básica	4%
29	Total		2.8	2					F. multiple	1%
30	T. efectivo		28.73	3					Inevitables	1%
31	T. inefectivo		0.25	4					% Total	11%
32	T. total registrado		31.78	5					Observaciones:	
33	T. no contado		0.22	6						
34	% de error de reg.	0.69%		Total			0.25			
35	Calificación									
36	T. sintetico									
37	T. observado									

Gráfica 5-2 Parte inferior de un estudio de tiempos, continuación de la grafica 5-1, se puede observar, que el porcentaje de registro es menor al 2%.

Hasta la sección anterior, se sabe como calcular el tiempo estándar por elemento y por toda la operación, por consiguiente y si el estudio ya es aceptado por el departamento de producción, conviene su aplicación a las diferentes estaciones de trabajo.

Hay que recordar, que el ciclo estudiado y todas sus observaciones por elementos no puede durar más de cinco minutos, es mucho mejor y conveniente expresar los estándares de producción en cientos de piezas por hora, que una sola pieza producida por determinada porción de hora. Para lograr esto, se sigue a lo siguiente:

Una vez obtenido el tiempo estándar de la operación, se debe de tener muy en cuenta el número de ciclos u observaciones, ya que este indica el número de piezas producidas por minuto, después el tiempo estándar de la operación se calcula en horas, se dan a continuación todos los cálculos posibles en el siguiente ejemplo:

Si en una operación el tiempo estándar **TS**, total es de 3.81 min , para producir 10 unidades, entonces:

1. Calcular el tiempo estándar por hora, para producir las mismas 10 unidades. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$TST_H = \frac{TST_M}{60} \text{ ----- FA1}$$

Donde: TST_M = Al tiempo estándar total de la operación expresado en minutos. TST_H = Al tiempo estándar total de operación, pero expresado en horas y, 60 = A los minutos que comprenden una hora.

Así; $TST_H = \frac{3.81}{60} = 0.0635$ ∴ Un operador tarda 0.0635 horas para producir 10 unidades (U), en fábrica.

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

2. Calcular cuanto tiempo estándar en horas, utiliza un operario para producir una sola unidad. Se tiene la fórmula:

$$TSTH_1 = \frac{TST_H}{U} \text{ ----- FA2}$$

Donde: $TSTH_1$ = Al tiempo estándar total de operación expresado en horas y utilizado por el operario para producir una unidad, y U = A las unidades producidas durante el tiempo estándar total de la operación para producir 10 unidades.

Sustituyendo: $TSTH_1 = \frac{0.0635}{10} = 0.00635$ \therefore Se utilizan 0.00635 horas para producir 1 unidad. En efecto, este resultado se comprueba con la siguiente conversión:

$$TSTH_1(60)(U) = TST_M \text{ o, } 0.00635(60)(10) = 0.381(10) = 3.81 = TS$$

3. Cuantas unidades produce un operario en un jornal normal diario de 8 horas. Se da la siguiente fórmula:

$$U_p = \frac{HT_J}{TSTH_1} \text{ -----FA3}$$

Donde: HT_J = Al número de horas trabajadas por jornal normal de labores, y U_p = A las unidades producidas por el operador en una jornada laboral diaria de 8 horas. Sustituyendo en FA3:

$$U_p = \frac{8}{0.00635} = 1260 \text{ } \therefore \text{ Un operador produce 1260 unidades, en un jornal}$$

normal diario de 8 horas.

4. Si la producción diaria esperada es de 1300 unidades durante los próximos cuatro días ¿Cuántas horas necesita un operador en su jornada laboral, para conseguir la producción esperada? Despejando HT_J , pero ahora como HT_S , de FA3, se obtiene:

$$HT_S = (U_E)(TSTH_1) \text{ ----- FA4}$$

CAPÍTULO 5 ESTUDIO DE TIEMPOS

Donde: $U_E = A$ las unidades esperadas por una jornada laboral de trabajo diario, y $HT_S = A$ las horas de trabajo requeridas para una producción estándar, ya delimitada y esperada por el departamento de producción. Sustituyendo:

$HT_S = (1300)(0.00635) = 8.26 \therefore$ Se necesitan 8.26 horas de trabajo diario por parte del operador, para llegar a la producción esperada de 1300 unidades.

Es importante subrayar, que una jornada de 8 horas diarias de trabajo puede hacer variar el porcentaje de eficiencia del operador, dado lo cual, no esta de más calcular dicho porcentaje, este se determina mediante las siguientes expresiones:

$$E_o = \frac{HT_S}{HT_J} 100, \text{ o } E_o = \frac{U_E}{U_p} 100 \text{ ----- FA5 y FA6}$$

Tomando como base el ejemplo anterior, muy en especial los ejercicios 3, y 4, se procede a calcular el porcentaje con las formulas FA5 y FA5. Sustituyendo:

$$E_o = \frac{8.26}{8} 100 = 103.3\%, \text{ y } E_o = \frac{1300}{1260} 100 = 103.17\% \text{ Se observa que el}$$

porcentaje varía un poco en cuanto a los decimales; sin embargo, los números enteros se mantienen idénticos, se puede afirmar con bastante seguridad con este último cálculo, que el estudio de tiempos en cuanto a su tiempo estándar mejora la eficiencia del operario. Obtenidos estos cálculos se pueden archivar para reafirmar que el estándar es todo un éxito.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

La medición del trabajo no solo es un conjunto de técnicas, en realidad es una minuciosa investigación enfocada a la producción de bienes y servicios, sin olvidar claro esta, lo que atañe a los métodos no solo para medir las labores diarias de un operario, también incluye los aspectos relevantes a la administración tales como, la productividad, el análisis, la forma más efectiva de obtener la mejor ganancia de acuerdo al método más óptimo y muy en especial, la parte medular; los tiempos y movimientos, que junto con las tecnologías adecuadas brindan una mejor comprensión y dan como final, la mejor de las administraciones con respecto a las labores operativas dentro de planta.

Uno de los principales puntos a señalar, es lo relacionado al nacimiento de la medición del trabajo; los antiguos sistemas de producción y el paso a la revolución industrial; que es un concepto el cual debe de cambiarse por el de evolución industrial; sin embargo, el principal icono a la luz en el tema, es la innovación de aquellos hombres que con el transitar del tiempo y acorde a los tiempos de desarrollo de cada país, fundan las bases de la medición del trabajo de hoy en día, llegando desde los creadores de el estudio de movimientos hasta los padres de la ciencia hoy muy conocida como ingeniería industrial, los esposos Frank y Lillian Evelyn Gilbreth y el ingeniero mecánico Frederick Winslow Taylor respectivamente.

Las técnicas del análisis tienen una finalidad muy en especial, pues agilizan la labor de los administradores de planta con las diferentes metodologías y técnicas empezando desde los principios básicos en cuanto a teoría, haciendo escala en las fórmulas matemáticas implicadas y terminando en el uso de software especializado, esto, con el único fin de obtener la mejor ganancia dado un variado número de opciones estimadas como factibles. La ingeniería económica hace acto de presencia; así como, sus métodos analíticos que son infalibles en cuanto a economía, al igual que los conceptos minuciosos y detallados referentes a la administración. Se puede decir con bastante fundamento que no puede haber error, solo ganancias monetarias si se sigue cada paso sin restricción.

El estudio de movimientos es muy extenso en una primera instancia, y en el principio relacionado con el sitio de trabajo, es donde de inmediato los factores

CONCLUSIONES

externos se vuelven importantes, ya que afectan el desenvolvimiento del operario en cuanto a su labor en fábrica. Factores como la temperatura, el ruido, la ventilación, la radiación, la vibración, las afecciones psicológicas en cuanto al color y muy en especial la iluminación junto con sus variantes mas importantes y las fórmulas analíticas, dan evidencia a los problemas que muchas firmas tienen y que a su vez, son solucionados de una manera fácil, si se conocen las verdaderas causas de origen y las respectivas gestiones a seguir.

En segunda instancia están los principios en su tercera y última categoría, esto es en cuanto a maquinaria y equipo; ya que la mayoría de las máquinas en producción son demasiado eficientes en cuanto a diseño y la tarea que realizan, más no idóneas muchas veces para los movimientos en donde el operario interactúa con estas y se quiere obtener la máxima eficiencia.

En cuanto a los micromovimientos y los therbligs implicados; estos últimos divididos en eficientes e ineficientes aportan grandes beneficios para el analista de movimientos, pues, un análisis detallado junto con la eliminación y disminución de los therbligs ineficientes tiende encontrar la mejor propuesta en cuanto al método y, por consiguiente, hay una mejor ganancia para la firma. Las tendencias en cuanto a tecnología como software de uso común como la hoja de cálculo Excel y las fórmulas involucradas, esto en la aplicación de métodos, son la veracidad de que en el método y el proceso no puede haber falla, por consiguiente la producción esta garantizada tanto en ganancia, pago para los operarios y costo final del producto.

Los principios y procedimientos del estudio de tiempos se deben seguir al pie de la letra, en esto radica el éxito del estudio, así como cada uno de los elementos que lo conforman. Los factores de tolerancia con sus respectivos cálculos determinan siempre un estándar confiable, las fórmulas son muy variadas al igual que los datos en la forma, es todo un proceso complejo pero de gran trascendencia, pues, un buen estudio de tiempos implica ante todo variados cálculos, reglas y conceptos muy independientes del uso y toma de lecturas con el cronómetro. El hecho de una forma completamente llena y con los cálculos precisos da como resultado un ahorro considerable en dinero para la compañía.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Niebel, Benjamín W., Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos y Movimientos, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 9ª Ed., D. F. México, 1996.

Barnes, Ralph M., Estudio de Movimientos y Tiempos, Aguilar S. A., 5ª Ed., Madrid España, 1979.

Niebel, Benjamín W., Freivalds, Andris, Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo, Alfaomega Grupo Editor S. A. de C. V., 11ª Ed., D. F. México, 2006.

Gaither, Norman, Fraizer, Grez, Administración de Producción y Operaciones, International Thomson Editores S. A. de C. V., 8ª Ed., D. F. México, 2003.

Hopeman, Richard J., Administración de Producción y Operaciones, Grupo Patria Cultural S. A. de C. V., 18ª Ed., En Español., D. F. México, 2001.

Diccionario Léxico Hispano: Enciclopedia Ilustrada en Lengua Española, Tomos: 1 y 2, W. M. Jackson, Inc. Editores, 5ª Ed., D. F. México, 1979.

Campillo Cuautli, Héctor, Diccionario Academia: Sinónimos y Antónimos, Fernández Editores S. A. de C. V., 5ª Ed. D. F. México, 1998.

Steiner, Roger, Editor in Chief, Webster's New World: International Spanish Dictionary English/Spanish – Spanish/English, Wiley Publishing Inc., 2nd Ed., Hoboken, N. J. United States of America, (USA), 2004.

Agnes, Michael, Editor in Chief, Webster's New World: College Dictionary, Wiley Publishing Inc., 4th Ed., United States of America (USA), 2004.

Rodríguez, Joaquín V., Como Administrar Pequeñas y Medianas Empresas, International Thomson Editores S. A. de C. V., 4ª Ed., D. F. México, 2001.

Hillier, Frederick S., Lieberman, Gerald J., Investigación de Operaciones, Mc Graw Hill/Interamericana Editores S. A. de C. V., 7ª Ed., D. F. México, 2001.

Nueva Enciclopedia Cultural IEPSA, Tomos: 1, Ramón Sopena S. A., 1ª Ed., Barcelona España, 1975.

Enciclopedia Ilustrada Cumbre: Lo Esencial de los Conocimientos Actuales en Forma Clara y Amena, Tomos: 9, 12, 14, Hachette Latinoamericana S. A. de C. V., 32ª Ed., Querétaro México, 1993.

Krick, Edward V., Ingeniería de Métodos, Limusa S. A. de C. V., 10ª Ed., D. F. México, 1991.

Swokowski, Earl W., Cole, Jefeery A., Algebra y Trigonometría con Geometría Analítica, Grupo Editorial Iberoamericana S. A. de C. V., 3ª Ed., D. F. México, 1996.

Mainard, H. B., Manual de Ingeniería de la Producción Industrial, Tomos: 1, Reverte S. A., 3ª Ed., Barcelona España, 1978.

BIBLIOGRAFÍA

Gwinn, Robert P., Editor in Chief, The New Encyclopaedia Britanica: Micropedia Ready Reference, Volumes: 1, 2, 7, 9, Encyclopaedia Britanica Inc., 15th Ed., Chicago, United States of America (USA), 1993.

Blank, Leland, T., P. E., Tarking, Anthony J., P. E., Ingeniería Económica, McGraw-Hill Interamericana, S. A., 4^a Ed., Colombia, 2000.

Augé, Paul, Enciclopedia Metódica Larousse, Tomos: 2, Editorial Larousse, 1^a Ed., Paris Francia, 1964.

Villaseñor Cardozo, Miguel Ángel, Ing., Técnicas de Evaluación Económica: Apuntes, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores (FES), Campus Aragón, Nezahualcoyotl, Estado de México, 1997.

Allendoerfer, Carl B., Oakley, Cletus O., Fundamentos de Matemáticas Universitarias, McGraw-Hill de México, S. A. de C. V., 1^a Ed. en Español, Cali Colombia, 1975.

Tippens, Paul E., Física: Conceptos y Aplicaciones, McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A. de C. V., 6^a Ed., Iztapalapa, D. F. México, 2001.

Beer, Ferdinand P., Johnston, E. Russell, Jr., Estática: Mecánica Vectorial Para Ingenieros, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V., 6^a Ed., Naucalpan de Juárez, Edo. de México, 1999.

Cengel, Yanus A. Dr., Boles, Michael A. Dr., Termodinámica, Tomos: 1, McGraw-Hill Interamericana de México, S. A. de C. V., 2^a Ed., Iztapalapa, D. F. México, 1999.

O. Niles Nathan, Trigonometría Plana, Editorial Limusa S. A. 2^a Ed., 10^a Reimpresión., Iztapalapa, D. F. México, 1981.

Murray R. Spiegel, Ph. D., Manual de Fórmulas y Tablas Matemáticas, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V., 3^a Ed. en español., Granjas Esmeralda Iztapalapa, D. F. México, 2000.

W. Hines, William., C. Montgomery, Douglas., Probabilidad y Estadística Para Ingenieros, Compañía Editorial Continental S. A., 3^a Ed., Iztapalapa, D. F. México, 2002.