



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE  
INGENIERÍA DE MÉTODOS CON SOFTWARE DE APLICACIÓN**

**Gabriel Enrique Aguilar Dávila**

Asesorado por el Ing. José Rolando Chávez Salazar

Guatemala, febrero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE  
INGENIERÍA DE MÉTODOS CON SOFTWARE DE APLICACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD E INGENIERÍA

POR:

**GABRIEL ENRIQUE AGUILAR DÁVILA**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ ROLANDO CHÁVEZ SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Vèliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

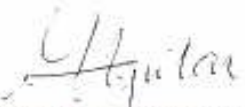
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Rolando Chávez Salazar
EXAMINADOR	Inga. María Eugenia Aguilar Bobadilla
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE  
INGENIERÍA DE MÉTODOS CON SOFTWARE DE APLICACIÓN,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en noviembre de 2006.

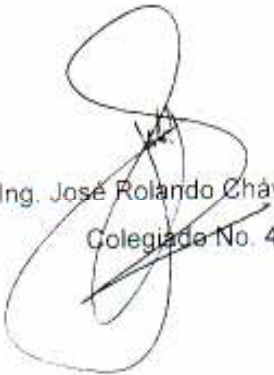
  
Gabriel Enrique Aguilar Dávila

Guatemala, octubre de 2007

**A QUIEN INTERESE:**

Hago constar que asesoré a Gabriel Enrique Aguilar Dávila, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, con carné 2002 12154 en la realización de su Trabajo de Graduación con el nombre: **MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS CON SOFTWARE DE APLICACIÓN** y apruebo el contenido del mismo

Atentamente,



Ing. José Rolando Chávez Salazar  
Colegiado No. 4317

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS CON SOFTWARE DE APLICACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Gabriel Enrique Aguilar Dávila**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Augusto Aka Castillo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial  
**César Aka Castillo**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 4,073

Guatemala, enero de 2008.

mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS CON SOFTWARE DE APLICACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Gabriel Enrique Aguilar Dávila**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑADA A TODOS

  
Ing. José Francisco Gómez-Rivera  
DIRECTOR  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2008.



/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS CON SOFTWARE DE APLICACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Gabriel Enrique Aguilar Dávila**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

**ID Y ENSEÑADA A TODOS**

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
**DIRECTOR**  
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2008.




/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL TEÓRICO-PRÁCTICO DEL LABORATORIO DEL CURSO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS CON SOFTWARE DE APLICACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Gabriel Enrique Aguilar Dávila**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, febrero de 2008

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida y permitirme culminar esta meta tan importante en mi vida.
- Mi madre** María Olivia Dávila Lemus, quien es lo más importante en mi vida, gracias por tu apoyo incondicional, por estar siempre a mi lado, por tu constante lucha por sacarme adelante, por quererme y por creer en mí, este triunfo es tuyo.
- MI hermano  
y familia Dávila** Por estar siempre a mi lado y apoyarme incondicionalmente
- Mis amigos** Fabián, Diego, Carlos Alfonso, Hugo, Steve, Félix, Ángel, Víctor Hugo, Víctor, Rolando, por ayudarme dentro y fuera de las aulas de la facultad.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>GLOSARIO</b>	VII
<b>RESUMEN</b>	IX
<b>OBJETIVOS</b>	XI
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XV
<b>1. LABORATORIO DEL CURSO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS:</b>	
<b>ASPECTOS GENERALES</b>	1
1.1. Laboratorio del curso de Ingeniería de Métodos:	
Introducción	1
1.2. Objetivos del laboratorio	2
1.3. Análisis del laboratorio:	3
1.3.1. Importancia del laboratorio en la formación académica	3
1.3.2. Necesidades de los estudiantes en el proceso de formación	4
1.4. Descripción de la metodología de las prácticas	5
1.4.1. Marco teórico	5
1.4.2. Marco práctico	6
<b>2. INGENIERÍA DE MÉTODOS: INTRODUCCIÓN</b>	9
2.1. Alcance de la Ingeniería de Métodos	9
2.2. Conceptos fundamentales	10
2.2.1. Productividad	10
2.2.2. Eficacia y eficiencia	12
2.2.3. Objetivos de los métodos, el estudio de tiempos y los sistemas de pago de salarios	13
2.3. Procedimiento sistemático de análisis de problemas	14
2.3.1. Seleccionar el proyecto que debe mejorarse	15

2.3.2. Registrar y presentar los datos del proyecto	16
2.3.3. Analizar los datos del proyecto	16
2.3.4. Desarrollar el método ideal o nuevo método para realizar el proyecto	17
2.3.5. Presentar y establecer el método	18
2.3.6. Dar seguimiento al método	18
2.4. Herramientas para la solución de problemas	19
2.4.1. Diagrama de Pareto	19
2.4.2. Diagrama de Ishikawa	21
2.4.3. Diagrama de Gantt	22
2.5. Análisis de una operación	23
2.5.1. Enfoques de la Ingeniería de Métodos	23
2.5.1.1. Propósito de la operación	24
2.5.1.2. Diseño de partes	25
2.5.1.3. Tolerancias y especificaciones	25
2.5.1.4. Material	26
2.5.1.5. Secuencia y procesos de manufactura	26
2.5.1.6. Preparaciones y herramientas	27
2.5.1.7. Manejo de materiales	27
2.5.1.8. Distribución de planta	28
2.5.1.9. Diseño de trabajo	29
<b>3. PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS</b>	<b>31</b>
3.1. Diagramas de procesos	31
3.1.1. Objetivo de la práctica	31
3.1.2. Marco teórico	31
3.1.2.1. Diagrama de Operaciones de Proceso	34
3.1.2.2. Diagrama de Flujo de Proceso	37

3.1.2.3. Diagrama de Recorrido de Proceso	39
3.1.3. Marco práctico	40
3.2. Diseño de trabajo: principios de economía de movimientos	52
3.2.1. Objetivos de la práctica	52
3.2.2. Marco teórico	52
3.2.3. Marco práctico	55
3.3. Diagrama de proceso bimanual	55
3.3.1. Objetivos de la práctica	57
3.3.2. Marco teórico	58
3.3.2.1. Descripción del Diagrama de Proceso bimanual	58
3.3.2.2. Elaboración del Diagrama de Proceso bimanual	62
3.3.3. Marco práctico	63
3.4. Diagrama de proceso hombre-máquina	68
3.4.1. Objetivos de la práctica	68
3.4.2. Marco teórico	68
3.4.2.1. Diagrama de Proceso Hombre – Máquina	68
3.4.3. Marco práctico	71
3.5. Procedimiento de medición del trabajo	81
3.5.1. Objetivos de la práctica	81
3.5.2. Marco teórico	81
3.5.2.1. Requerimientos para el estudio de tiempos	82
3.5.2.2. Toma de tiempos	85
3.5.2.3. Técnicas para el estudio de tiempos	85
3.5.2.4. Cronometraje	87
3.5.2.5. Calificación	90
3.5.2.6. Suplemento	91
3.5.3. Marco práctico	92
3.6. Tiempos predeterminados: Método de medición de tiempo MTM 1	98
3.6.1. Objetivos de la práctica	98

3.6.2. Marco teórico	98
3.6.2.1. Sistema MTM (Motion time measurement)	99
3.6.2.2. Procedimiento para el uso de los MTM	100
3.6.2.3. Movimientos del MTM – 1	101
3.6.2.4. Tablas de los Movimientos del MTM – 1	103
3.6.3. Marco práctico	109
3.7. Balance de líneas de producción	110
3.7.1. Objetivos de la práctica	110
3.7.2. Marco teórico	110
3.7.3. Marco práctico	111
3.8. Muestreo de trabajo	117
3.8.1. Objetivos de la práctica	117
3.8.2. Marco teórico	117
3.8.2.1. Procedimiento de Muestreo de Trabajo	119
3.8.3. Marco práctico	122
3.9. Sistema de Incentivos	129
3.9.1. Objetivos de la práctica	129
3.9.2. Marco teórico	129
3.9.3. Marco práctico	132
<b>4. EVALUACIÓN DE LABORATORIO</b>	<b>135</b>
4.1. Evaluación de laboratorio	135
4.2. Recomendaciones	137
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>141</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>145</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>149</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>151</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Herramientas de la Productividad	11
2	Diagrama de Pareto	21
3	Diagrama de Ishikawa	22
4	Diagrama de Gantt	23
5	Simbología fundamental de los Diagramas de Procesos	33
6	Encabezado de Diagrama	36
7	Intersección del Flujo Vertical con Línea Horizontal	37
8	Simbología del Diagrama de Procesos Bimanual	61
9	Formato para Estudio de Tiempos	84

### TABLAS

I	Movimientos básicos de Gilbreth	53
II	Therbligs de los Gilbreth	61
III	General Electric – Número de ciclos de observación	89
IV	Alcanzar – R	103
V	Mover – M	104
VI	Girar – T	105
VII	Aplicar Presión – AP	105
VIII	Coger – G	106
IX	Soltar – RI	107
X	Posicionar – P	107
XI	Desmontar – D	108
XII	Exactitud – Nivel de Confianza	121
XIII	Probabilidades acumuladas de la distribución normal	151
XIV	Sistema de Westinghouse	152





## **GLOSARIO**

### **Análisis de la operación**

Secuencia lógica utilizada para la investigación de las diversas operaciones que forman parte de un proceso productivo. Busca la estandarización de la operación, a través de los estudios de tiempos y movimientos.

### **Área de trabajo**

Espacio utilizado dentro de la estación de trabajo para el desarrollo de las actividades.

### **Balance de líneas**

Asignación del número ideal de trabajadores a una línea de trabajo, con el objeto de incrementar la eficiencia de la misma.

### **Diagrama de proceso**

Representación gráfica de la secuencia lógica de las actividades que conforman un proceso productivo.

### **Efectividad**

Grado en el cual se alcanzan los objetivos organizacionales mediante la toma de decisiones.

<b>Eficiencia</b>	Hacer bien las cosas, administrando adecuadamente los recursos disponibles.
<b>Estación de trabajo</b>	Espacio en el cual el operario realiza los elementos que conforman una operación.
<b>Estudio de movimientos</b>	Análisis de los movimientos si hsisque conforman una operación, con la finalidad de eliminar y/o reducir los movimientos no efectivos.
<b>Estudio de tiempos</b>	Estudio realizado para el establecimiento de los tiempos estándares.
<b>Incentivo</b>	Compensación monetario o de otro tipo, que remunera al trabajador por un desempeño mayor que el estándar.
<b>Método</b>	Técnica empleada para la realización de una operación.
<b>Operación</b>	Cambio físico o químico que sufre un material.
<b>Proceso</b>	Serie de operaciones que avanza la materia prima para su conversión en producto terminado.

## RESUMEN

Este trabajo de graduación fue desarrollado con la finalidad de proporcionar al Catedrático Auxiliar del curso de Ingeniería de Métodos y al estudiante de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial una herramienta de apoyo para la aplicación de los distintos temas proporcionados en la clase magistral.

El curso de Ingeniería de Métodos brinda al estudiante la oportunidad de aprender diversas aplicaciones utilizadas con la finalidad de incrementar la productividad y reducir los costos en una empresa, por lo cual se hace necesario que el alumno no aprenda únicamente los conceptos teóricos, sino que el mismo conozca cuando utilizarlos.

A través del laboratorio del curso, el estudiante aprende a identificar las necesidades de mejora, analizarlas a través los estudios de tiempos y movimientos, asimismo interpretar los resultados, para que pueda de esta forma proporcionar recomendaciones confiables que contribuyan al desarrollo empresarial.

El Manual de Ingeniería de Métodos se divide básicamente en dos partes, una de ellas constituye la descripción del marco teórico y la otra en el marco práctico, el primero, proporciona la descripción fundamental de cada tema, con la cual el estudiante podrá reforzar las explicaciones teóricas aprendidas; el segundo, proporciona de forma detallada la secuencia lógica para la utilización de las herramientas, explicadas de forma clara, con la finalidad de que el estudiante conozca paso a paso, las actividades que tiene que realizar para solucionar un problema planteado. La segunda parte consiste en una hoja electrónica, la cual contiene para cada una de las prácticas un cuestionario que

permite al estudiante medir sus conocimientos teóricos, y por otra parte contiene ejercicios y videos de filmación de procesos sencillos con fines didácticos, estos videos, permitirán al estudiante aplicar las herramientas aprendidas observando directamente el desarrollo del proceso.

Además el manual contiene la definición y el alcance de la Ingeniería de Métodos, las herramientas utilizadas en la planificación de un proyecto, y los enfoques de la Ingeniería de Métodos, los cuales proporcionan una secuencia lógica para la resolución de un problema determinado. Al final del manual se recomiendan algunas tareas para tomar en cuenta durante el desarrollo del laboratorio del curso.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar y desarrollar una herramienta teórico – práctica con software de aplicación actualizado para el laboratorio del curso de Ingeniería de Métodos que refuerce la comprensión del contenido del curso y proporcionar al catedrático auxiliar una herramienta que facilite el proceso de enseñanza.

### **Específicos**

1. Diseñar un documento de apoyo que se utilice como referencia para la instrucción del laboratorio del curso y apoye al estudiante en la comprensión de la teoría.
2. Describir la función del laboratorio del curso y su finalidad para determinar la importancia del mismo, en el proceso de la formación académica.
3. Actualizar el proceso de enseñanza-aprendizaje del laboratorio del curso, a través de una metodología interactiva, para la resolución de las prácticas que proporcione la adquisición de experiencia, el desarrollo de habilidades y destrezas del estudiante.
4. Desarrollar los temas básicos del análisis de métodos y estudio de tiempos, que proporcionen al estudiante una base suficiente para hacer frente a las necesidades laborales de hoy en día.
5. Proporcionar al catedrático auxiliar del curso una guía general que proporcione los lineamientos para la evaluación global del curso.

6. Brindar al estudiante a través de la práctica los lineamientos que le permitan identificar cuándo utilizar los diferentes tipos de diagramas y los elementos que los conforman.
7. Proporcionar al estudiante herramientas que le permitan presentar la información de forma clara y ordenada, facilitándole de esta forma el planteamiento y solución de los problemas.
8. Desarrollar en el estudiante la capacidad de diseñar los nuevos centros de trabajo y mejorar los existentes.
9. Mostrar al estudiante como representar, interpretar y analizar gráficamente un proceso con la finalidad de mejorar el mismo.
10. Enseñar al estudiante a registrar y analizar los movimientos realizados por las manos y pies de los operarios, para de esta forma, establecer un balance entre los mismos y eliminar los innecesarios.
11. Desarrollar en el estudiante la capacidad de realizar el acoplamiento de un operario con la máquina, a través del análisis de los ciclos de trabajo del operario y las máquinas en una estación de trabajo.
12. Instruir al estudiante en las dos metodologías para el registro de tiempos, así como en el procedimiento para la determinación del tiempo estándar de una operación.
13. Proporcionar al estudiante las herramientas para que puedan establecer el número de operarios necesarios por estación de trabajo, con la finalidad de incrementar la eficiencia de una línea de producción.

14. Mostrar al estudiante las ventajas de la aplicación de los sistemas de incentivos en las empresas y las características que los mismos requieren para ser eficientes.





## INTRODUCCIÓN

El Manual Teórico-Práctico del Laboratorio de Ingeniería de Métodos constituye una herramienta de apoyo que pretende facilitar al estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial, así como al catedrático auxiliar del curso, el proceso de enseñanza-aprendizaje. A través de un contenido actualizado, el manual, abarca los temas básicos que el estudiante del curso de Ingeniería de Métodos necesita conocer para su adecuado desempeño laboral.

El Manual Teórico-Práctico de Ingeniería de Métodos describe el contenido del curso, resalta la importancia de la práctica como apoyo a la teoría y de su aplicación para afrontar el mundo laboral.

Contiene para cada uno de los temas desarrollados una parte teórica y una parte práctica. La parte teórica contiene un marco conceptual con ejemplos resueltos y explicados de forma detallada. La parte práctica contiene ejercicios propuestos, para su desarrollo se cuenta con un DVD, en el cual los ejercicios contienen un video de filmación de procesos con fines didácticos, mediante los cuales el estudiante puede de manera interactiva desarrollar los ejercicios, permitiendo de ésta forma la familiarización con los procesos y que el estudiante a través de esta nueva metodología pueda aplicar de manera directa las herramientas aprendidas en cada uno de los temas estudiados.

Con este manual se presenta un material didáctico de apoyo que permite al estudiante reforzar y comprender los temas explicados en la clase magistral por el catedrático titular del curso, así como brindar una base práctica que permita al estudiante ampliar sus conocimientos para su desarrollo laboral.

# **1. LABORATORIO DEL CURSO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS: ASPECTOS GENERALES**

## **1.1. Laboratorio del curso de Ingeniería de Métodos: introducción**

En un mundo cada vez más competitivo en el cual la adquisición de conocimientos así como el desarrollo de destrezas y habilidades se hace necesario para el desarrollo profesional, es importante que el estudiante de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial tenga a su disposición herramientas de apoyo que puedan proporcionarle una base para su formación académica.

La Ingeniería de Métodos proporciona al estudiante un conjunto de herramientas básicas, que le permitirán en el desempeño de sus actividades laborales a través de la medición del trabajo, determinar métodos adecuados de trabajo, logrando con ello el mayor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales, mediante una distribución equitativa de las cargas de trabajo, facilitando con lo anterior el establecimiento de controles adecuados de la producción y la fijación de programas de remuneración por rendimiento.

El laboratorio del curso permite al estudiante integrar los conceptos aprendidos con la práctica a un nivel equivalente, facilitando la comprensión y entendimiento de la teoría, logrando con lo anterior que el estudiante piense y proponga soluciones favorables a un caso práctico utilizando las herramientas que tenga a su disposición. El laboratorio de Ingeniería de Métodos proporciona al estudiante la secuencia lógica de los acontecimientos en un proceso, que podrá familiarizarse con el estudio de los procesos y cada uno de los elementos que lo conforman.

El laboratorio del curso permite al catedrático conseguir que el estudiante disponga de una visión más amplia de la realidad de una empresa mediante el contacto directo con los procesos, esto teniendo en cuenta siempre el cuidado de mantener un nivel de grado universitario para el apoyo del curso.

## **1.2. Objetivos del laboratorio**

- Analizar y comprender los conceptos y las herramientas aprendidas, familiarizando al estudiante con el curso de Ingeniería de Métodos y reconociendo las destrezas y habilidades que obtendrá al aplicarla.
- Fomentar el trabajo en equipo, orientando al estudiante al logro de objetivos comunes y optimizando la utilización de los recursos humanos y materiales.
- Instruir al estudiante en la utilización del equipo necesario para la medición del trabajo, tales como, cronómetros, sonómetros, equipo de cómputo, calculadoras, etc.
- Desarrollar proyectos para la aplicación de las herramientas aprendidas en el curso.
- Crear en el estudiante de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial, una visión más amplia del mundo laboral mediante el contacto directo con procesos industriales.
- Enseñar el concepto de la productividad, su importancia y los elementos que se utilizan para su cálculo.
- Desarrollar en el estudiante la capacidad de identificar los diferentes tipos de diagramas, los elementos que los conforman y la secuencia lógica de los procesos.
- Enseñar la aplicación del diseño del trabajo de acuerdo a las capacidades y limitaciones humanas.

- Enseñar a establecer sistemas de incentivos, relacionándolos directamente con el proceso de producción.

### **1.3. Análisis del laboratorio:**

#### **1.3.1. Importancia del laboratorio en la formación académica**

El laboratorio constituye una modalidad de enseñanza que permite al docente enseñar el contenido del curso mediante la integración de la teoría y la práctica, para ello es importante que el catedrático auxiliar del curso no únicamente conozca los temas que enseña sino que sepa cual es su finalidad y la forma en como se aplican, de tal manera que pueda intercambiar conocimientos con el estudiante y hacer del proceso de aprendizaje, una herramienta dinámica que permita al alumno acercarse a la realidad del mundo laboral.

Las prácticas del laboratorio tienen como objetivo que el alumno aprenda haciendo, es decir mediante la aplicación de las herramientas aprendidas a la solución de casos concretos, el estudiante tiene un espacio para el planteo, análisis y solución de problemas.

El laboratorio del curso permite al estudiante la adquisición de habilidades y destrezas que le ayudan a la comprensión de la temática del curso, con lo cual el alumno puede entonces establecer ciertos criterios de carácter ingenieril que le permiten interpretar los resultados determinando así la viabilidad o no de las posibles soluciones.

Dentro de la metodología para el desarrollo de las prácticas se contempla el trabajo grupal con el cual los estudiantes se fijan objetivos en común, los cuales son utilizados como los lineamientos que fijan el camino para el desarrollo de

las práctica mediante los cuales los alumnos aprenden a trabajar bajo objetivos y a administrar así los roles y responsabilidades para el desarrollo de los trabajos brindando al equipo la posibilidad de adquirir una diversidad de opiniones y criterios que facilitan la retroalimentación de los contenidos conduciendo así a una mejor solución. Para lo anterior, es importante que el estudiante se sienta motivado y así pueda incrementar el interés y el deseo de reforzar los conocimientos, y con ello poder desarrollar las prácticas y proyectos del curso de la mejor manera posible.

Entonces se puede decir que el laboratorio de Ingeniería de Métodos crea en el estudiante de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial, la facultad para desarrollar habilidades prácticas, instrumentales y analíticas, incrementa su deseo de investigación, fortalece la organización para el desarrollo de actividades grupales y proporciona una importante retroalimentación de los contenidos del curso, colaborando en la formación académica para el desarrollo profesional.

### **1.3.2. Necesidades de los estudiantes en el proceso de formación**

La formación académica pretende desarrollar y fortalecer las habilidades y destrezas de los estudiantes en el ámbito intelectual y social, por lo cual se hace necesaria la guía y orientación que facilite la integración de los ámbitos mencionados.

En este proceso de formación los catedráticos juegan un papel muy importante, ya que el intercambio de ideas y pensamientos y la transmisión de conocimientos constituyen el pilar del desarrollo en el proceso de aprendizaje del estudiante.

Se hace necesario para el estudiante recibir una orientación y asesoría permanente que permita integrar los conocimientos aprendidos en clase con casos de la vida real, que permitan al estudiante familiarizarse con situaciones específicas, en la cuales ellos puedan identificar las necesidades y proporcionar las posibles soluciones mediante la aplicación de las herramientas proporcionadas.

Es importante entonces que el catedrático a través de una metodología adecuada planifique el cronograma de las actividades que se van a llevar a cabo, buscando desarrollar temas en base a contenidos actualizados que permitan al estudiante comprender la teoría en base a ejemplos claros.

#### **1.4. Descripción de la metodología de las prácticas**

El Manual Teórico-Práctico del Laboratorio del Curso de Ingeniería de Métodos con Software de Aplicación se divide para cada una de las prácticas en tres secciones:

##### **1.4.1. Marco teórico**

A través de conceptos desarrollados de forma clara, breve y concisa con el objeto de no confundir al estudiante, esta sección constituye un documento de apoyo conceptual que le proporciona la oportunidad de repasar, reforzar y comprender la parte teórica explicada por el catedrático del curso en la clase magistral.

El marco teórico contiene la definición de los conceptos utilizados en la práctica con la finalidad de que el estudiante tenga una guía al momento de desarrollar los ejercicios del laboratorio. Además, cuenta con ejemplos resueltos y

desarrollados de forma detallada, mediante los cuales el estudiante tendrá la oportunidad de comprender la aplicación de los conceptos explicados. Los ejemplos permiten al estudiante aprender la secuencia lógica así como las fórmulas necesarias para la resolución de los problemas con lo cual el alumno puede adquirir una perspectiva más clara de la Ingeniería de Métodos a través de la interpretación de resultados.

#### **1.4.2. Marco práctico**

La parte práctica, está conformada por 1 ó 2 ejercicios para cada uno de los temas desarrollados, a través de los cuales el estudiante podrá aplicar los conocimientos adquiridos.

Para el desarrollo de las mismas se cuenta con una hoja de cálculo grabada en un DVD que puede ser reproducido en una computadora con la capacidad de reproducción de DVD, en la cual a través de un menú principal, el estudiante puede acceder a cada una de las prácticas, compuestas cada una de:

- Un cuestionario teórico
- Dos ejercicios prácticos, o bien, dos videos de filmación

El menú principal de la hoja de cálculo contiene los títulos de todas las prácticas del laboratorio y cada uno de los títulos contiene tres botones que vinculan el menú principal con los elementos que componen las prácticas.

*Cuestionarios.* Los cuestionarios presentan dos modalidades de preguntas:

- Respuestas directas
- Selección múltiple

Para las preguntas de respuestas directas el estudiante debe responder en el recuadro en blanco que se encuentra bajo la pregunta, para las preguntas de selección múltiple, el estudiante debe seleccionar la respuesta correcta al cuestionamiento planteado.

Además cada uno de los cuestionarios cuenta con dos botones:

- Imprimir
- Ir a Menú

Al oprimir el botón de *Imprimir*, automáticamente se imprimirá el cuestionario en el cual el estudiante se encuentra trabajando. Al oprimir el botón *Ir a Menú*, automáticamente se regresará al Menú de la hoja de cálculo.

*Ejercicios.* Los ejercicios se presentan en enunciados que indican al estudiante qué es lo que debe realizar y proporcionan los datos que el estudiante debe utilizar para la resolución de los mismos.

Cada uno de los ejercicios cuenta con un botón de *Ir a Menú*, el cual al ser oprimido enviará al estudiante de regreso al Menú de la hoja de cálculo.

*Videos de Filmación.* Los videos, son filmaciones de procesos sencillos con fines didácticos, que permiten al estudiante la elaboración de las prácticas a través de la observación directa.

Al oprimir el botón de video inmediatamente inicia la reproducción del mismo.





## **2. INGENIERÍA DE MÉTODOS: INTRODUCCIÓN**

### **2.1. Alcance de la Ingeniería de Métodos**

La Ingeniería de Métodos tiene diversas aplicaciones, siendo la primera de ellas aumentar la productividad, la calidad y la confiabilidad de los productos persiguiendo con ello el incremento de la producción de los bienes y/o servicios a un menor costo por unidad, para alcanzar lo anterior la Ingeniería de Métodos se basa en la búsqueda de diseños adecuados y en la creación y selección de los mejores métodos de trabajo, logrando así el desarrollo de un proceso eficiente.

En la búsqueda continua del incremento de la productividad, el analista de métodos debe analizar la forma de mejorar los procesos y los procedimientos, mejorando la disposición y el diseño del área de trabajo, economizando el esfuerzo humano, el uso de materiales, máquinas y mano de obra, aumentando la seguridad para crear condiciones adecuadas de trabajo y hacer más fácil, rápido y sencillo el desarrollo del mismo.

Para lograr que un método funcione correctamente es importante que se cumplan todos los parámetros establecidos desde un principio, logrando con esto la estandarización de la forma de trabajo, pero para ello es necesario que el analista de métodos busque recompensar de manera adecuada a los trabajadores tomando como base para esto el número de unidades producidas, las habilidades, la responsabilidad y la experiencia con la que cuentan los mismos para el desarrollo de las actividades, consiguiendo de esta forma que los trabajadores se sientan motivados para cumplir con los estándares propuestos.

En la búsqueda del método correcto la ingeniería se vale del análisis de los procesos, de las herramientas y maquinaria de fabricación, del estudio de las cargas de trabajo para de ésta forma poder alcanzar una interacción hombre-máquina apropiada.

La Ingeniería de Métodos se enfoca entonces en la simplificación y en la medida del trabajo, con la primera se busca la introducción de mejoras al trabajo con las cuales el desarrollo del mismo se pueda hacer de manera más fácil y con menor cantidad de recursos y con la segunda se busca determinar las condiciones y los métodos de trabajo así como el tiempo necesario para su desarrollo.

## **2.2. Conceptos fundamentales**

### **2.2.1. Productividad**

La utilización de los métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios adecuado constituyen una serie de herramientas fundamentales que dan origen a la productividad (Ver Figura 1. Herramientas de la Productividad).

**Figura 1. Herramientas de la Productividad**



La productividad es la relación entre la cantidad de bienes y/o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados para producirlos. Es la medida con la cual se determina el rendimiento de los recursos en la búsqueda para alcanzar los objetivos trazados.

La productividad constituye una herramienta de comparación entre los distintos niveles de producción y los cambios en la misma repercuten en el crecimiento empresarial, la mejora de las condiciones de trabajo, el aumento de la rentabilidad (utilidades) del negocio, etc.

La Ingeniería de Métodos, aporta las herramientas fundamentales que ayudan al incremento de la productividad, tales herramientas son: los métodos, los estándares de estudio de tiempos (también conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo.

Partiendo del hecho de que la productividad se puede determinar a través de la relación producto – insumo, existen teóricamente tres formas de aumentar los índices de productividad, siendo éstas las siguientes:

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto
- Aumentar el producto y reducir el insumo proporcionalmente

Los enunciados anteriores demuestran que la productividad se incrementa en la medida en la que se aumente el producto y se reduzca la utilización de insumos.

Es importante mencionar que la productividad no constituye una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino que es una medida de la eficiencia con la que se han utilizado los recursos para alcanzar las metas propuestas.

Por lo tanto, la productividad puede ser medida de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos}$$

$$Productividad = \frac{Resultados\logrados}{Resultados\empleados}$$

### **2.2.2. Eficacia y eficiencia.**

La finalidad de un negocio lo constituye el incremento de sus utilidades y esto se logra a través del incremento de la productividad, por lo que se hace necesario un correcto manejo de los recursos humanos, materiales y financieros que integran una institución.

La eficiencia es la forma en como se utilizan los recursos de una empresa: humanos, materiales, equipos, maquinarias, etc., la eficiencia se obtiene al alcanzar el resultado deseado con el mínimo de insumos.

La eficacia es el grado en el cual se alcanzan los objetivos, metas, etc., se mide a través del alcance de los resultados, por lo que se puede afirmar que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos.

Por lo anterior la productividad puede ser medida de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Eficacia}{Eficiencia}$$

Existen diversos factores que pueden ser indicadores qué tan eficiente o qué tan eficaz es un proceso, como lo son por ejemplo para la eficiencia; los tiempos muertos, los desperdicios, el porcentaje en el cual se utiliza la capacidad instalada, etc., y para la eficacia lo son; el grado de cumplimiento de los programas de producción o de ventas, las demoras en los tiempos de entrega, etc.

### **2.2.3. Objetivos de los métodos, el estudio de tiempos y los sistemas de pago de salarios.**

Los objetivos de estas actividades radican en el incremento de la productividad y la calidad de los productos, permitiendo de ésta forma una mayor producción de bienes y/o servicios. Además, mediante una correcta aplicación de la Ingeniería de Métodos se puede aumentar la cantidad de productores de bienes y servicios, a la vez que se incrementa el potencial de comprar de los consumidores.

Para lograr lo anterior es importante:

- Reducir el tiempo que se requiere para realizar las tareas.
- Minimizar los costos utilizando materiales adecuados.
- Mejorar continuamente de la calidad de los productos y servicios.
- Mejorar las condiciones de trabajo.

Pero para lograr el cumplimiento de las actividades mencionadas anteriormente es necesario crear interés en los trabajadores por lo que hacen con la finalidad de que se encuentren satisfechos por lo que hacen.

### **2.3. Procedimiento sistemático de análisis de problemas**

Para el desarrollo de un centro de trabajo en el cual se pueda manufacturar un producto o prestar un servicio es necesario que los ingenieros utilicen un procedimiento sistemático que consta de los siguientes pasos:

- 1) Seleccionar el proyecto que debe mejorarse.
- 2) Registrar y presentar los datos del proyecto.
- 3) Analizar los datos del proyecto.
- 4) Desarrollar el método ideal o nuevo método para realizar el proyecto.
- 5) Presentar y establecer el método.
- 6) Dar seguimiento al método.

A continuación se desarrolla de forma detallada el contenido de cada uno de los pasos:

### **2.3.1. Seleccionar el proyecto que debe mejorarse.**

Los proyectos generalmente seleccionados son los nuevos productos que se lanzan en el mercado o productos existentes que tienen un costo elevado por unidad y generan pocas ganancias debido a que experimentan problemas para mantener los niveles de calidad y confiabilidad.

Al momento de seleccionar un proyecto se debe empezar por la planeación del estudio a realizar, definiendo con que criterio se está seleccionando el problema, estos criterios pueden ser desde los siguientes puntos de vista:

- Humano.
- Económico.
- Funcional del trabajo.

Los trabajos desde el punto de vista humano son los primeros cuyo método debe mejorarse con el objeto de reducir el riesgo de accidentes de los trabajadores, en segundo lugar se deben mejorar los proyectos desde el punto de vista económico, es decir las actividades que tengan un costo representativo en el desarrollo del producto o prestación del servicio, debido a que las mejoras a estas actividades son altamente beneficiosas para el desarrollo de los trabajos, y por último se deben considerar los proyectos desde el punto de vista funcional del trabajo, es decir todas aquellas actividades que constituyen los cuellos de botella de los procesos puesto que retrasan la producción.

Una vez seleccionado el criterio bajo el cual se va a escoger el producto se debe hacer una estimación preliminar de las actividades acerca de las cuales se va a buscar información, para lo cual se debe hacer un muestreo del área o de las áreas de interés.



Una vez hechas las estimaciones se debe determinar la exactitud que se desea de los resultados.

### **2.3.2. Registrar y presentar los datos del proyecto.**

Los datos del proyecto deben ser registrados de forma clara y concisa ya sea por observación directa del analista o documentando junto al personal ejecutor del proceso las actividades que estos realizan.

Debe tenerse en cuenta que la documentación se realiza con fines de análisis y no con la finalidad de obtener una secuencia del proceso, por lo que deben reunirse todos los hechos importantes que se relacionan con la manufactura del producto o prestación de servicio, es decir todos los recursos utilizados, tales como materiales, maquinaria, formas impresas, equipo de cómputo, etc.

La Ingeniería de Métodos proporciona para el registro de la información herramientas útiles que son utilizadas en base a la información con la que se cuenta como lo son los diagramas de operaciones para el registro de los procesos, los diagramas de hombre-máquina para el registro de las relaciones hombre-máquina, los diagramas de proceso bimanual para el registro de las operaciones de los trabajadores, etc.

### **2.3.3. Analizar los datos del proyecto.**

Para el análisis de un proyecto la Ingeniería de Métodos proporciona los enfoques básicos del análisis de operaciones con el objeto de determinar cual es la alternativa que dará como resultado el mejor producto o servicio.

El análisis debe hacerse sobre cada uno de los detalles con la finalidad de justificar la existencia, el lugar, el orden, la persona y la forma de ejecución del

proceso para esto es importante cuestionar el ¿por qué? y ¿para qué? de cada uno de los detalles determinando de ésta forma el propósito de cada uno de ellos.

Para el análisis de los datos se requiere de las personas ejecutoras de los procesos por lo que se debe manifestar una mentalidad abierta y receptiva para obtener una mayor cantidad de información.

Al momento de realizar el análisis de la información es importante:

- Investigar las causas y no los efectos y;
- Registrar los hechos y no las opiniones.

#### **2.3.4. Desarrollar el método ideal o nuevo método para realizar el proyecto**

Para el desarrollo del método ideal se debe seleccionar la mejor alternativa tomando en cuenta las limitaciones de los recursos por lo que es necesario realizar los siguientes cuestionamientos:

- ¿Por qué?
- ¿Para qué?
- ¿Cuándo?
- ¿Dónde?
- ¿Quién?

Las respuestas a estos cuestionamientos ayudan a determinar cuáles operaciones se deben conservar y cuales deben ser eliminadas, indican la necesidad de modificar las condiciones de trabajo para realizar determinadas actividades así como los detalles necesarios para simplificar una operación.

### **2.3.5. Presentar y establecer el método.**

Lo más importante del proceso de presentación es la venta del método debido a que constituye el paso preliminar a su instalación por lo que es necesario primero que nada explicar a los responsables del proyecto cual es el propósito del método. Si el método no es vendido adecuadamente la recolección y análisis de datos no tendrá ningún valor.

Al momento de la presentación del método propuesto se debe hacer énfasis en la reducción de los costos que se pueden lograr, en las mejoras que se tendrán en la calidad y la confiabilidad del producto al momento de implantar el método mejorado así como la información referente al retorno de la inversión.

Una vez que haya sido presentado y vendido el método se puede establecer.

### **2.3.6. Dar seguimiento al método.**

Periódicamente se debe realizar una auditoría del método implantado para verificar si la productividad y la calidad previstas son las obtenidas, determinar si los costos fueron proyectados correctamente y analizar las posibles mejoras.

Esto es necesario puesto que mide el grado en el que los responsables de la operación y mantenimiento método se han acoplado al mismo así como también permite verificar si se están cumpliendo los estándares establecidos. El seguimiento pretende una mejora continua, supervisando el método para repetir el proceso de mejoramiento poco tiempo después de haberlo implantado.

El seguimiento constituye un paso importante dentro del proceso sistemático ya que sin el mismo es casi seguro que los métodos propuestos regresen a los procedimientos originales.

## **2.4. Herramientas para la solución de problemas**

Al momento de seleccionar un proyecto, sin importar cual sea su objetivo, el analista de métodos debe presentar la información de los hechos relacionados con el problema de forma clara y ordenada. Para ello existen diversas técnicas con aplicaciones específicas que dan solución a diversos problemas.

Una vez presentados los hechos de forma clara y ordenada, los datos recopilados se examinan de forma crítica para poder definir e implantar el método más adecuado.

La información presentada de forma adecuada puede ser utilizada y analizada fácilmente.

### **2.4.1. Diagrama de Pareto**

El diagrama permite detectar los problemas que tienen mayor importancia mediante la aplicación del principio de Pareto, que indica, que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. De esta forma el diagrama permite identificar visualmente la minoría de elementos a los cuáles es importante prestarles atención para el establecimiento de una acción correctiva sin necesidad de malgastar esfuerzos.

El diagrama de Pareto constituye una herramienta muy utilizada, debido a que favorece a la determinación de las causas principales durante la resolución de

problemas, permitiendo de esta forma al analista de métodos el establecimiento de prioridades para la optimización de los esfuerzos en la búsqueda de soluciones.

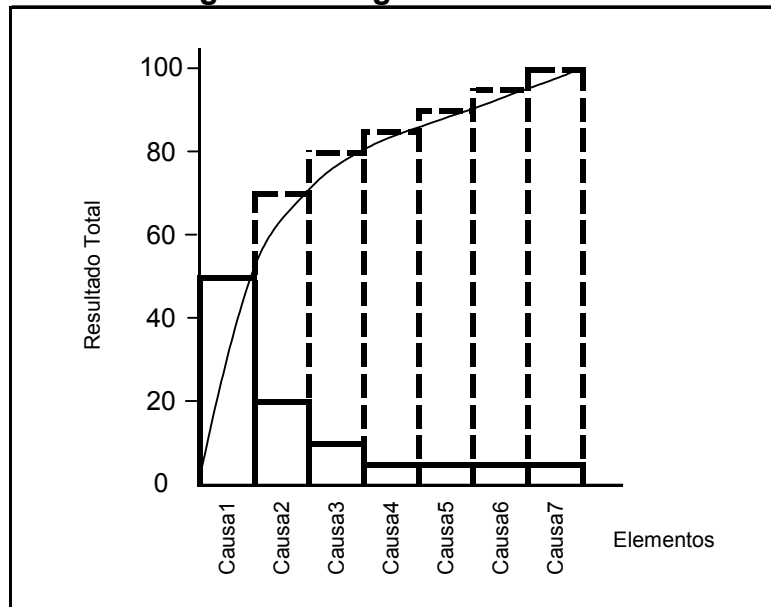
El diagrama puede ser utilizado para el cumplimiento de diversos propósitos:

- Análisis de causas.
- Estudio de resultados.
- Planeación de una mejora continua.
- Demostración del progreso en el desarrollo de un proyecto.
- Presentación de la información al personal responsable de la operación y mantenimiento de los métodos de las conclusiones del estudio.

Además, el diagrama muestra de forma simple y rápida la importancia del problema, definiendo la causa clave que da origen a un problema.

Un diagrama de Pareto es un gráfico de barras que enumera las categorías en orden descendente de izquierda a derecha (Ver Figura 2. Diagrama de Pareto). Esto en algunas ocasiones puede generar dificultades al tratar de interpretar el diagrama debido a que se puede dar el caso en el que los datos no indiquen una distinción clara ente las categorías.

**Figura 2. Diagrama de Pareto**



#### **2.4.2. Diagrama de Ishikawa**

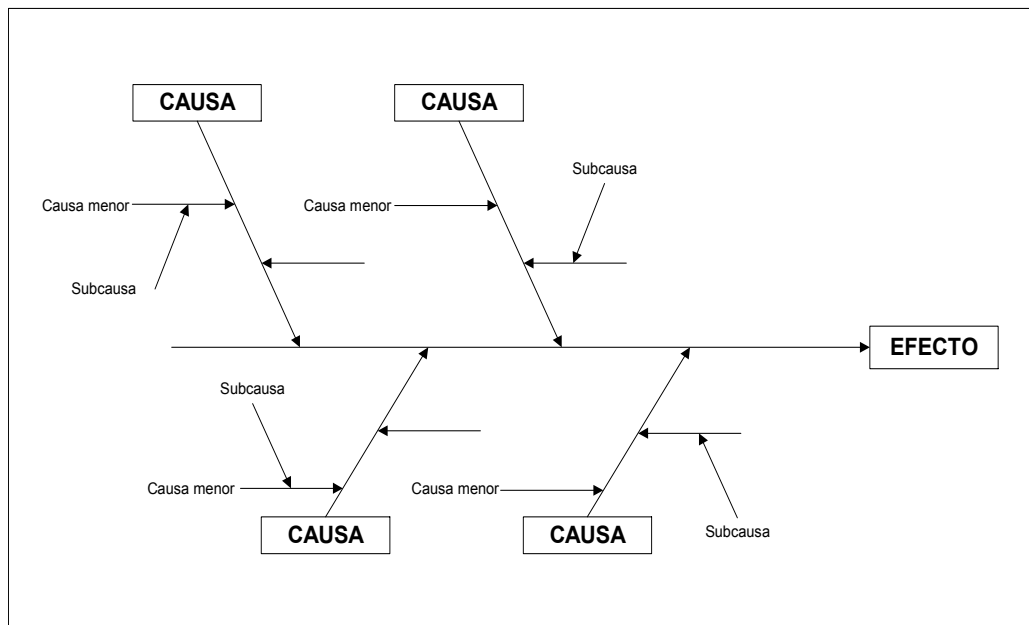
El Diagrama de Ishikawa o Espina de Pescado se utiliza para encontrar las causas que dan origen a un problema, haciendo más fácil el análisis y la búsqueda de soluciones debido a que permiten visualizar de forma simple los problemas, especificando las causas y subcausas que dan origen a la situación en cuestión.

El Diagrama Causa-Efecto muestra gráficamente las relaciones existentes entre un resultado dado (efecto) y los factores que lo originan (causas). Permitiendo al analista concentrarse en el contenido del problema (Ver Figura 3. Diagrama de Ishikawa).

Las causas principales se dividen en cuatro o cinco categorías principales: máquinas, materiales, mano de obra, métodos, medio ambiente, cada una de ellas dividida en subcausas. El diagrama muestra una visión global del

problema permitiendo de manera más simple identificar las soluciones potenciales al mismo.

**Figura 3. Diagrama de Ishikawa**



### 2.4.3. Diagrama de Gantt

Constituye una herramienta útil para la planeación y control de proyectos. El diagrama de Gantt muestra el tiempo de terminación planeado para las diferentes actividades que conforman un proyecto, a través de barras graficadas contra el tiempo en un eje horizontal (Ver Figura 4. Diagrama de Gantt).

Para el desarrollo del diagrama es necesario un plan anticipado para que se pueda brindar un informe del avance del proyecto en relación a lo planificado al inicio del mismo. Este diagrama también puede ser utilizado para mostrar la secuencia de las actividades de una máquina en una planta.





Con la información presentada de manera adecuada, el analista debe proceder a revisar cada uno de los diagramas de operación y responder a varias preguntas, siendo la más importante “por qué”.

Al utilizar los enfoques de la Ingeniería de Métodos, la atención se centra en las áreas que tienen mayor oportunidad de producir mejoras. Es recomendable tomar cada uno de los pasos del método actual y analizarlo, tomando en cuenta todos los aspectos del paso, una vez analizado cada elemento, se estudia el proyecto completo y se vuelven a considerar todos los puntos de análisis y las posibilidades de mejora.

#### **2.5.1.1. Propósito de la operación**

Es importante tener en cuenta que lo más importante para un analista de métodos es tratar de eliminar o combinar una operación antes de intentar mejorarla puesto que al hacer esto se elimina el costo de instalación de un método mejorado, no se tiene un costo de capacitación y se minimiza la resistencia al cambio. Aunque se debe tener en cuenta que puede incluirse una operación adicional si es necesaria para la mejora de la calidad y la confiabilidad de un producto.

En ocasiones las operaciones innecesarias se dan porque la operación anterior se está realizando de manera inadecuada, por lo que debe llevarse a cabo una segunda operación para corregir la primera o hacer que la misma sea aceptable.

### **2.5.1.2. Diseño de partes**

Es importante que el analista tome en cuenta todas las posibles alternativas en busca de las mejoras posibles, por lo cual es necesario tomar en cuenta las bases siguientes:

- Simplificar el diseño.
- Reducir el número de operaciones y las distancias recorridas.
- Utilizar materiales adecuados.
- Liberar las tolerancias y apoyar la exactitud en las operaciones clave.

De igual forma en la que existen oportunidades de mejorar la productividad con un mejor diseño de producto, se pueden mejorar también, el diseño de las formas en papel o computadora utilizadas en la industria para lo cual deben tomarse en cuenta los criterios siguientes:

- Mantener la sencillez en el diseño de la forma.
- Proporcionar suficiente espacio para cada dato.
- La secuencia de la información solicitada en forma lógica.
- Codificar las formas.
- Proporcionar los márgenes adecuados.

### **2.5.1.3. Tolerancias y especificaciones**

El analista de métodos debe conocer bien los detalles de costos y tener conocimiento del efecto que la reducción innecesaria de las tolerancias o rechazos puede tener en el precio de venta.

Para el análisis de las tolerancias y especificaciones, se deben tomar en cuenta tanto las especificaciones demasiado liberales como las que son muy restrictivas.

Investigando las tolerancias y especificaciones y tomando las medidas necesarias, se pueden reducir los costos de inspección, minimizar los desperdicios, disminuir los costos de servicios y mantener una alta calidad.

#### **2.5.1.4. Material**

Al diseñar un nuevo producto se debe considerar el material que va a utilizarse. Con frecuencia se puede incorporar mejor y menos costoso, para ello deben tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- Buscar un material más económico.
- Buscar materiales fáciles de procesar.
- Utilizar materiales de desecho.
- Utilizar los materiales de forma económica.
- Estandarizar los materiales.
- Buscar el mejor proveedor.

#### **2.5.1.5. Secuencia y procesos de manufactura**

Se debe tener en cuenta que el tiempo que se dedica a un proceso de manufactura se divide en tres etapas: planeación y control de inventarios, operaciones de preparación y manufactura en proceso. Para mejorar el proceso de manufactura se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Reorganización de operaciones.
- Mecanización de operaciones manuales.
- Operación más eficiente de las instalaciones mecánicas y utilización de instalaciones mecánicas más eficientes.
- Fabricación cerca de la forma final.
- Uso de robots.

#### **2.5.1.6. Preparaciones y herramientas**

La cantidad herramental depende de:

- El número de piezas a producir.
- Las repeticiones de los pedidos.
- La mano de obra.
- Las condiciones de entrega.
- El capital.

Se debe tener en cuenta qué tanto se va a operar con las herramientas para determinar la cantidad necesaria. Posteriormente deben evaluarse de las características de las mismas para determinar cuáles se acoplan más al proceso de producción.

#### **2.5.1.7. Manejo de materiales**

Dentro de un proceso de producción se deben tomar en cuenta los traslados, el tiempo, el lugar, la cantidad y el espacio de almacenamiento en lo que respecta al manejo de materiales.

El analista de métodos debe asegurarse que ningún proceso de producción o cliente se detenga por el manejo inadecuado de los suministros, materia prima, materiales en proceso y producto terminado garantizando que los materiales estén a tiempo en el lugar adecuado, sin daños y en la cantidad que se requiere para lo que se deben tomar en cuenta los espacios de almacenamiento tanto temporales como permanentes.

Para llevar a cabo un manejo apropiado de materiales es necesario reducir los tiempos abastecimiento de material, adecuar correctamente las instalaciones, automatizar los procesos de manejo así como considerar herramientas tecnológicas que permitan llevar fácilmente el control de los inventarios.

#### **2.5.1.8. Distribución de planta**

Una distribución de planta tiene por objeto desarrollar un proceso de producción que permita alcanzar las metas propuestas, dando origen a productos con altos niveles de calidad y confiabilidad a un menor costo por unidad.

Para lograr una distribución eficiente, es necesario integrar los distintos elementos que contribuyen a las operaciones que se realizan en la empresa como el control de inventarios, manejo de materiales, despacho al cliente, etc.

Los tres tipos de distribución de planta que existen son:

- Por producto.

- Por línea.
- Por proceso.

#### **2.5.1.9. Diseño del trabajo**

Para el diseño del trabajo el analista debe tener en cuenta los principios de la ergonomía, así como todos los factores que inciden en las condiciones de trabajo y ambientales.



### **3. PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE MÉTODOS**

#### **3.1. Diagramas de Procesos**

##### **3.1.1. Objetivos de la práctica**

- Desarrollar en el estudiante de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial la habilidad de registrar las actividades que conforman un proceso a través de la investigación y la observación directa del mismo.
- Que el estudiante adquiera la capacidad de representar gráficamente la secuencia cronológica de las actividades de un proceso, así como los elementos que lo conforman, tales como, tiempos, materiales, etcétera.
- Que el estudiante aprenda a analizar los procesos mediante la aplicación de los enfoques de la Ingeniería de Métodos con la finalidad de desarrollar el método mejorado.
- Que el estudiante pueda presentar los datos de forma clara y ordenada con el objeto de poder vender el método propuesto para su implementación.

##### **3.1.2. Marco teórico**

Cuando se trata de mejorar un método existente, lo primero que el analista debe tener es el registro de todos los datos de los distintos elementos que conforman un proceso, ya que con ellos el analista tendrá a su disposición, información suficiente que facilitará la búsqueda de soluciones para encontrar el método ideal de trabajo.

Esta técnica permite al analista, mediante el uso de símbolos uniformes y con un propósito respectivo, estandarizar el registro de la información a manera de



que personas especializadas en diversos ramos puedan comprender e interpretar la información.







Los diagramas de procesos son técnicas de registro y análisis por lo que es importante para su elaboración recopilar toda la información relacionada con el proceso, como por ejemplo metas de producción, capacidad instalada, materiales y maquinaria utilizada; información que constituye una base para el análisis del proceso con el fin de encontrar un mejor método de trabajo.

Para la mejora de los procesos se requiere de un estudio minucioso de cada una de las actividades, mediante los diagramas de procesos el analista puede registrar todas las actividades observadas directamente facilitando la comprensión del proceso y el análisis del mismo. El mejoramiento a un proceso se refiere a cambios en la calidad, el tiempo requerido para el desarrollo de las actividades, los costos, la seguridad, con lo que se pueden diseñar nuevos procesos.

Un diagrama de Proceso es una representación gráfica que muestra la secuencia cronológica de todas las actividades, es decir, operaciones, inspecciones, traslados, demoras y almacenamientos que conforman un proceso o un procedimiento desde la recepción de la materia prima hasta el empaque del producto terminado, para lo que se vale de diferentes símbolos que identifican cada una de las actividades (Ver Figura 5. Simbología Fundamental de los Diagramas de Procesos). Los diagramas incluyen información útil para el análisis de la operación tal como el tiempo necesario para llevar a cabo las actividades, las distancias recorridas en el proceso, la ubicación física de las estaciones de trabajo, etc.

Para el desarrollo del diagrama de procesos es conveniente clasificar las actividades bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes. Para ello se utilizan seis símbolos fundamentales.

**Figura 5. Simbología Fundamental de los Diagramas de Procesos**

Actividad	Símbolo	Definición
Operación		Sucede al modificar las características de un objeto, o al preparar al objeto para otra actividad. Una operación sucede también al dar o recibir información o al planear algo. Ejemplo: montar, desmontar, mezclar, barrenar, dibujar, torneear, etcétera.
Transporte		Sucede cuando un objeto o un grupo de ellos son trasladados de un lugar a otro, exceptuando aquellos movimientos que forman parte de una operación o inspección. Ejemplo: Trasladar el material por montacarta, trasladar el material por banda transportadora, mover el material cargado
Inspección		Sucede al examinar un objeto para verificar su calidad en alguna de sus características. Ejemplo: Revisar la calidad y la cantidad del material, examinar la información en forma impresa, contar unas piezas, etcétera
Demora		Sucede cuando por las circunstancias del proceso se retarda la ejecución de la siguiente operación. Ejemplo: Materiales en espera de ser procesados
Almacenaje		Sucede cuando un objeto o un grupo de ellos son guardados o protegidos durante un período de tiempo. Ejemplo: Producto terminado en tarimas, almacén general, si el objeto se encuentra ubicado en un lugar para sufrir alguna modificación necesaria para el proceso, se considera operación y no almacenaje.
Actividad Combinada		Sucede cuando el mismo operador en una estación de trabajo realiza dos actividades conjuntas, o sea, operación - inspección

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos. Referencia página 34**

La diferencia entre *demora* y *almacenamiento* radica en el hecho, de que en la primera actividad, el objeto puede moverse sin ninguna norma específica y en la segunda se necesita la previa autorización de la misma.

Los símbolos mencionados anteriormente se utilizan en distintos tipos de diagramas dentro de los cuales podemos mencionar:

- Diagrama de operaciones de proceso
- Diagrama de flujo de proceso
- Diagrama de recorrido de proceso

El diagrama de flujo detalla la acción de material o una persona sobre un procedimiento, el diagrama de operaciones hace lo mismo, pero, no muestra detalles tales como transportes, demoras y almacenamientos.

### **3.1.2.1. Diagrama de Operaciones de Proceso**

Este diagrama representa gráficamente la cronología de todas las actividades que se llevan a cabo en el desarrollo de un proceso, es decir todas las operaciones e inspecciones que ocurren desde que el material ingresa al proceso hasta el empaque del producto terminado, exceptuando las actividades incluidas en el manejo de los materiales.

Incluye además los tiempos empleados en el desarrollo de cada una de las actividades, los materiales utilizados, así como también muestra la entrada de todos los componentes y materiales al ensamble con la pieza principal.

Facilita al analista la visualización de un proceso ya que muestra la incidencia de la operación en análisis sobre las operaciones anteriores y

posteriores favoreciendo de esta forma el correcto planteamiento de un problema. A través de un adecuado planteamiento el analista puede determinar las áreas del proceso en las que existen posibilidades de mejora.

Para su aplicación el analista debe utilizar los enfoques de la Ingeniería de Métodos a cada una de las operaciones e inspecciones con la finalidad de poder desarrollar mejores procedimientos.

### **Elaboración del Diagrama de Operaciones de Proceso**

El diagrama de operaciones de proceso utiliza únicamente los símbolos de operación, inspección y de actividad combinada (Ver Figura 5. Simbología Fundamental de los Diagramas de Procesos) de aproximadamente 10 mm de radio y 10 mm de lado respectivamente.

Un diagrama de operaciones de proceso debe tener al inicio un encabezado que lo distinga, este encabezado debe contener ciertos datos como lo son por ejemplo: el nombre de la empresa, el nombre del departamento en el cual se desarrolla el proceso, el nombre del proceso, el nombre del diagrama, método actual o método propuesto, en donde inicia y en donde termina el proceso, el nombre del diagramador, el número de hoja, la fecha de elaboración, el número del plano, el número de la pieza, etcétera. (Ver Figura 6. Encabezado de Diagrama).

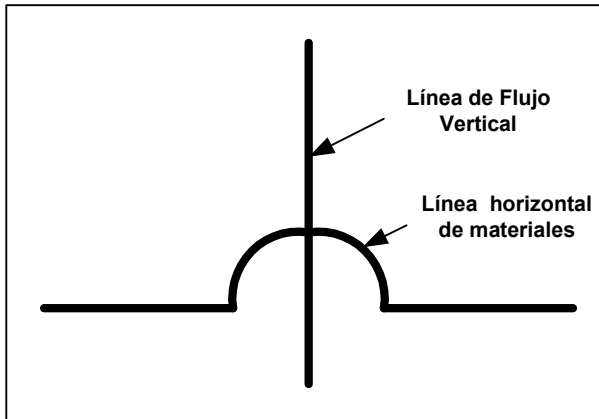
**Figura 6. Encabezado de Diagrama**

Nombre de la Empresa:	_____	Página:	No.	de
Departamento:	_____	Fecha:	_____	
Nombre del Proceso:	_____			
Nombre del Diagrama:	_____			
Método:	Actual o Mejorado			
Inicia en:	_____			
Termina en:	_____			
Diagramado por:	_____			

Para mostrar el flujo del proceso se utilizan líneas verticales que indican la secuencia lógica de las actividades, durante algunos procesos se deben diagramar los materiales que ingresan al flujo u otros trabajos que se necesitan unir al proceso principal, para lo cual se utilizan líneas horizontales que se unen por la izquierda con la línea vertical que representa el flujo principal. Algunas veces existen también desensambles o materiales que se extraen del proceso, estos deben ser representados por líneas horizontales a la derecha de la línea vertical. Al momento de elaborar un diagrama es recomendable que las líneas de flujo verticales no se intercepten con las horizontales, pero si es necesario hacerlo debe dibujarse un pequeño semicírculo en la línea horizontal en donde se cruza con la línea vertical (Ver Figura 7. Intersección del Flujo Vertical con Línea Horizontal). A cada una de las operaciones e inspecciones se les debe agregar el tiempo requerido para realizarlas.

Al final el diagrama debe contar con un resumen que puede contener el símbolo de las actividades, el nombre de la actividad; operación o inspección en el caso de este diagrama, la cantidad de veces que se lleva a cabo cada una de las actividades, y el tiempo total para realizar cada una de las actividades.

**Figura 7. Intersección del Flujo Vertical con Línea Horizontal**



**Fuente: Niebel, Benjamín. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. Referencia página 29**

### **3.1.2.2. Diagrama de Flujo de Proceso**

Es una representación gráfica de la cronología de un proceso que muestra todas las operaciones, inspecciones, traslados, demoras y almacenamientos incluyendo información útil para el análisis, tal como el tiempo necesario para llevar a cabo las actividades y las distancias recorridas. Este diagrama constituye una herramienta importante para la minimización de costos y tiempos improductivos, ya que muestra los costos ocultos como lo son las distancias, demoras y almacenamientos.

Como se menciona al principio de la descripción los diagramas de flujo de proceso, estos registran más actividades que los diagramas de operaciones de proceso por lo que requiere de símbolos adicionales, siendo estos los referentes a las actividades de transporte, demora y almacenamiento (Ver Figura 5. Simbología Fundamental de los Diagramas de Procesos).

Al momento de realizar el análisis por la naturaleza del diagrama se debe de dar énfasis especial a:

- Los costos ocultos.
- El manejo de materiales.
- El tiempo de retrasos.
- El tiempo de almacenamiento.

Si ya se ha realizado previamente el diagrama de operaciones de procesos el analista debe enfatizar principalmente su atención en las distancias recorridas y los retrasos en los procesos, sino es así deberá aplicar los enfoques de la Ingeniería de Métodos a cada una de las actividades.

### **Elaboración del Diagrama de Flujo de Proceso**

Al igual que el diagrama de operaciones deberá incluir un encabezado que puede incluir ciertos datos como lo son por ejemplo: el nombre de la empresa, el nombre del departamento en el cual se desarrolla el proceso, el nombre del proceso, el nombre del diagrama, método actual o método propuesto, en donde inicia y en donde termina el proceso, el nombre del diagramador, el número de hoja, la fecha de elaboración, el número del plano, el número de la pieza, etcétera. (Ver Figura 6. Encabezado de Diagrama).

El analista deberá utilizar una línea vertical que muestre la secuencia lógica del flujo de las operaciones, inspecciones, transportes, demoras y almacenamientos incluyendo el tiempo requerido para el desarrollo de

las actividades, así como las distancias recorridas, es común no registrar los traslados menores a 1.5 metros pero puede hacerse si el analista considera que influye en el análisis del proceso.

Al final el diagrama debe contar con un resumen que puede contener el símbolo de las actividades, el nombre de la actividad; operación, transporte, inspección, demora o almacenamiento en este caso, la cantidad de veces que se lleva a cabo cada una de las actividades, el tiempo total para realizar cada una de las actividades y el total de las distancias recorridas.

### **3.1.2.3. Diagrama de Recorrido de Proceso**

El diagrama de Recorrido de Proceso representa un plano físico con el flujo del proceso, el diagrama de flujo de proceso, proporciona la mayor parte de esta información, pero no permite la visualización de la ubicación de las distintas estaciones de trabajo que permitan al analista verificar la disponibilidad de espacio para reducir las distancias y distribuir adecuadamente la planta, como tampoco permite la consideración de las posibles áreas de almacenamiento temporal o permanente.

Por lo anterior se hace necesaria la representación gráfica de la planta que muestra la ubicación de todas las actividades que se llevan a cabo durante un proceso, permitiendo de esta forma mejorar la disposición del área de trabajo, así como la ubicación del equipo en un lugar adecuado.



## **Elaboración del Diagrama de Recorrido de Proceso**

Para la elaboración del diagrama cada una de las actividades se deben identificar con la numeración correspondiente a cada una de las actividades en el diagrama de flujo de proceso, indicando la secuencia lógica con pequeñas flechas sobre las líneas.

Este diagrama muestra al analista las áreas congestionadas en el proceso, facilitando de esta manera el desarrollo de la planta ideal.

### **3.1.3. Marco práctico**

#### **Ejemplo de Aplicación No. 1**

La empresa de ropa FABRITEX se dedica a la manufactura de prendas de vestir. La misma solicita sus servicios para la elaboración del diagrama de operaciones, flujo y recorrido de proceso, para la elaboración de su línea de playeras.

Al inicio los operarios encargados de cada parte de la playera toman la materia prima que les corresponde para la elaboración de las playeras y la colocan en un carrito de cuatro ruedas, una vez este se ha llenado los operarios la transportan a una mesa de inspección ubicada a 1.5 metros en un tiempo de 5 minutos, ahí el material espera 1.5 minutos a que llegue el supervisor de calidad y verifique la materia prima, luego de ser verificada la materia prima es llevada al área de trabajo ubicada a 20 metros, para lo cual toma un tiempo de 6 minutos.

Al comienzo un operario dobla la orilla de la manga en 0.60 minutos, luego procede a coser el dobles en 4.30 minutos y posterior a ello inspeccionar el mismo.

Al mismo tiempo se cierra el cuello de la playera en 0.13 minutos y luego se procede a unirlo en 0.40 minutos.

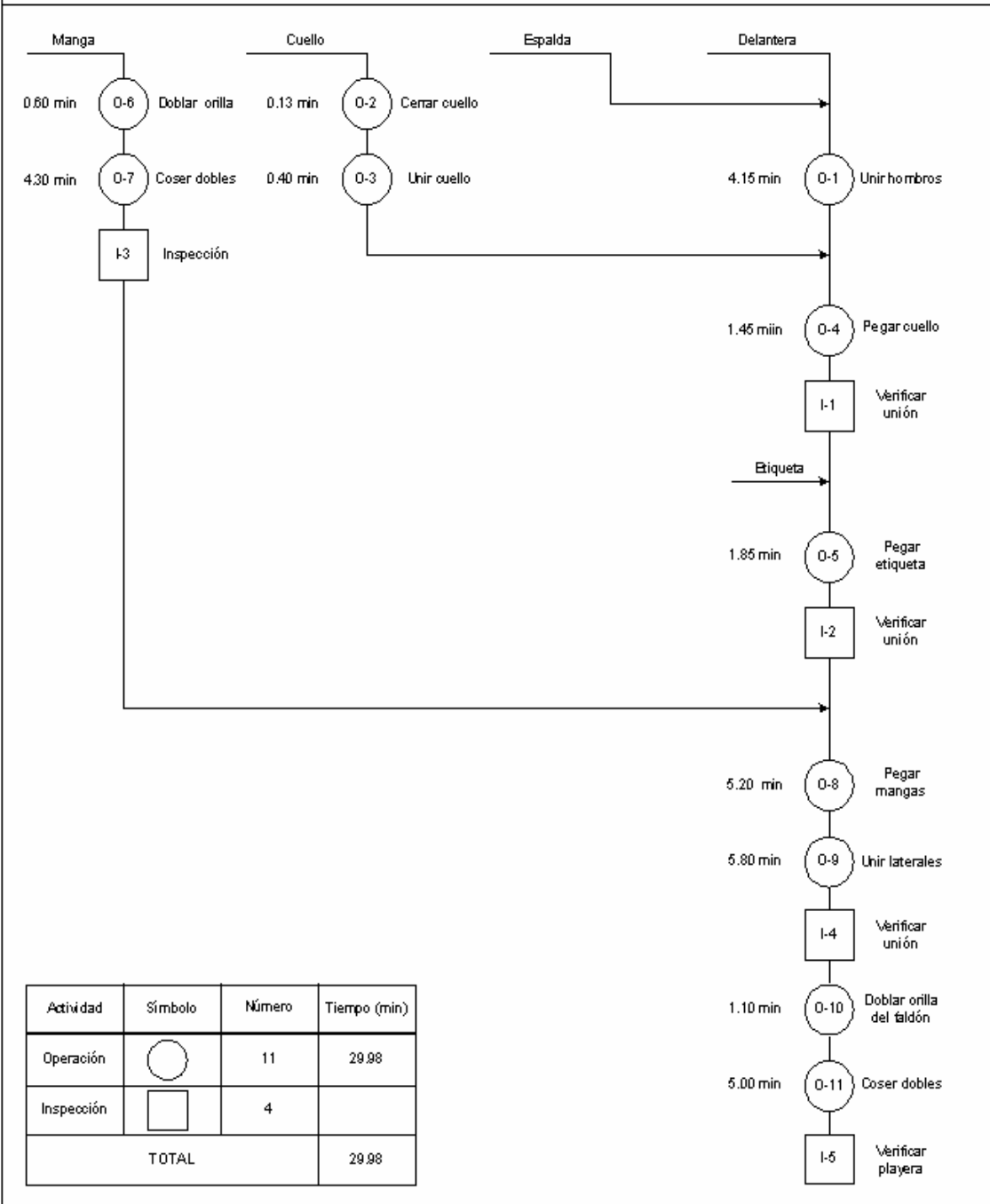
Mientras se están trabajando las mangas y el cuello, se procede a trabajar la parte delantera de la camisa (delantera) y la parte de atrás (espalda), se une manualmente la delantera con la espalda por los hombros en 4.15 minutos, luego se procede a pegar manualmente el cuello de la playera en 1.45 minutos, una vez pegado el cuello se realiza la verificación de la unión, posterior a esto se pega la etiqueta de la playera en la unión del cuello con la espalda en 1.85 minutos, se procede a verificar la unión, después se unen manualmente las mangas al cuerpo de la playera en 5.20 minutos, se une parte delantera con la espalda por los laterales en 5.80 minutos, luego se verifica la unión, por último se dobla la orilla del faldón de la playera en 1.10 minutos, se cose el dobles en 5.00 minutos y se verifica la playera terminada.

## Diagrama de Operaciones de Proceso

Nombre de la Empresa: Fabritex  
 Departamento: Producción  
 Nombre del Proceso: Fabricación de Playeras  
 Método: Actual  
 Inicia en: Bodega de Materiales  
 Termina en: Bodega de Producto Terminado  
 Diagramado Por: Analista de Métodos

Página No. 1 de 1  
 Fecha: 01.04/2007

### DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

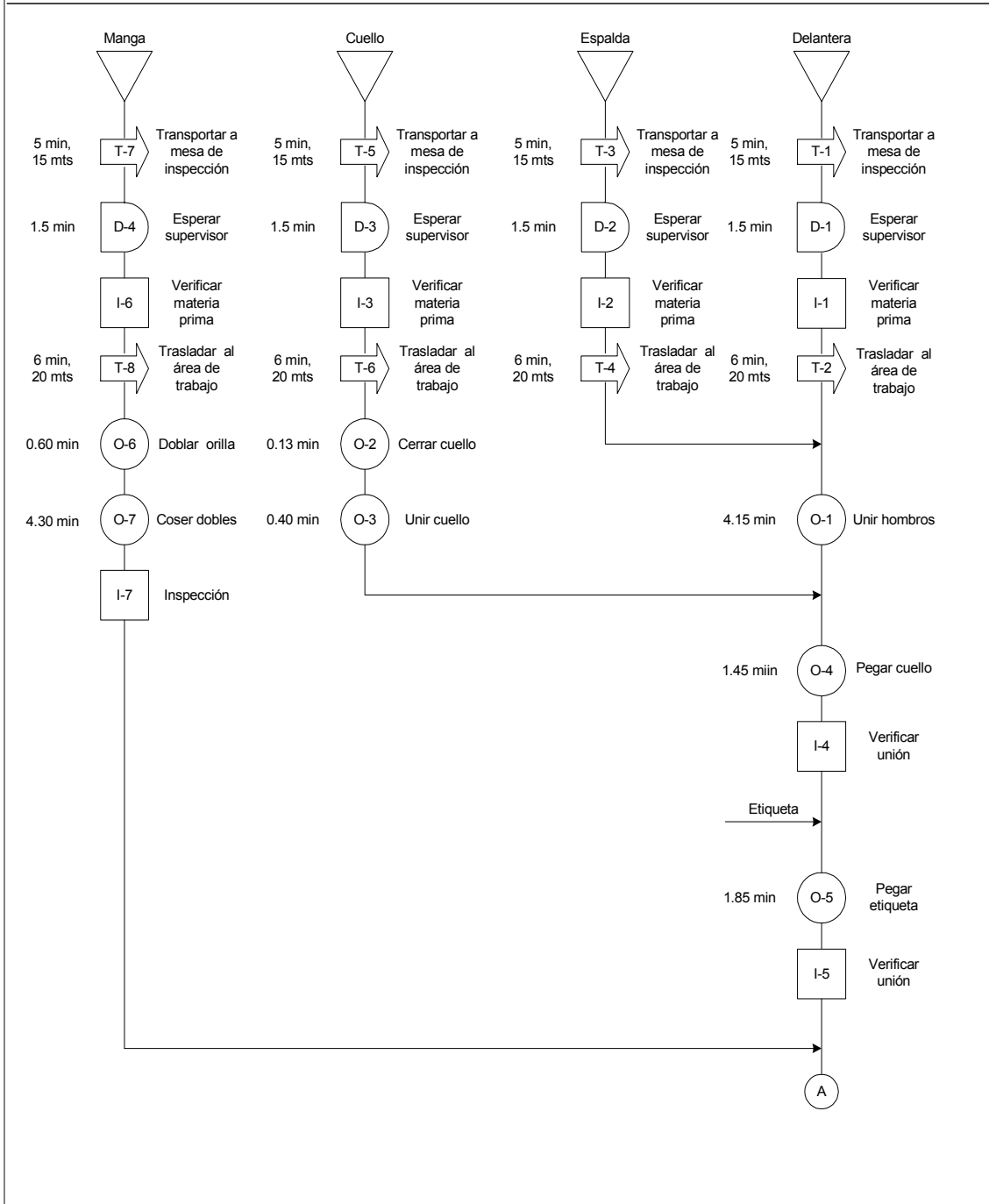


# Diagrama de Flujo de Proceso

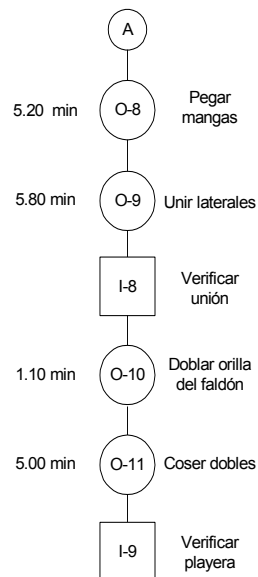
Nombre de la Empresa: Fabritex  
 Departamento: Producción  
 Nombre del Proceso: Fabricación de Playeras  
 Método: Actual  
 Inicia en: Bodega de Materiales  
 Termina en: Bodega de Producto Terminado  
 Diagramado Por: Analista de Métodos

Página No. 1 de 2  
 Fecha: 01/04/2007

## DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

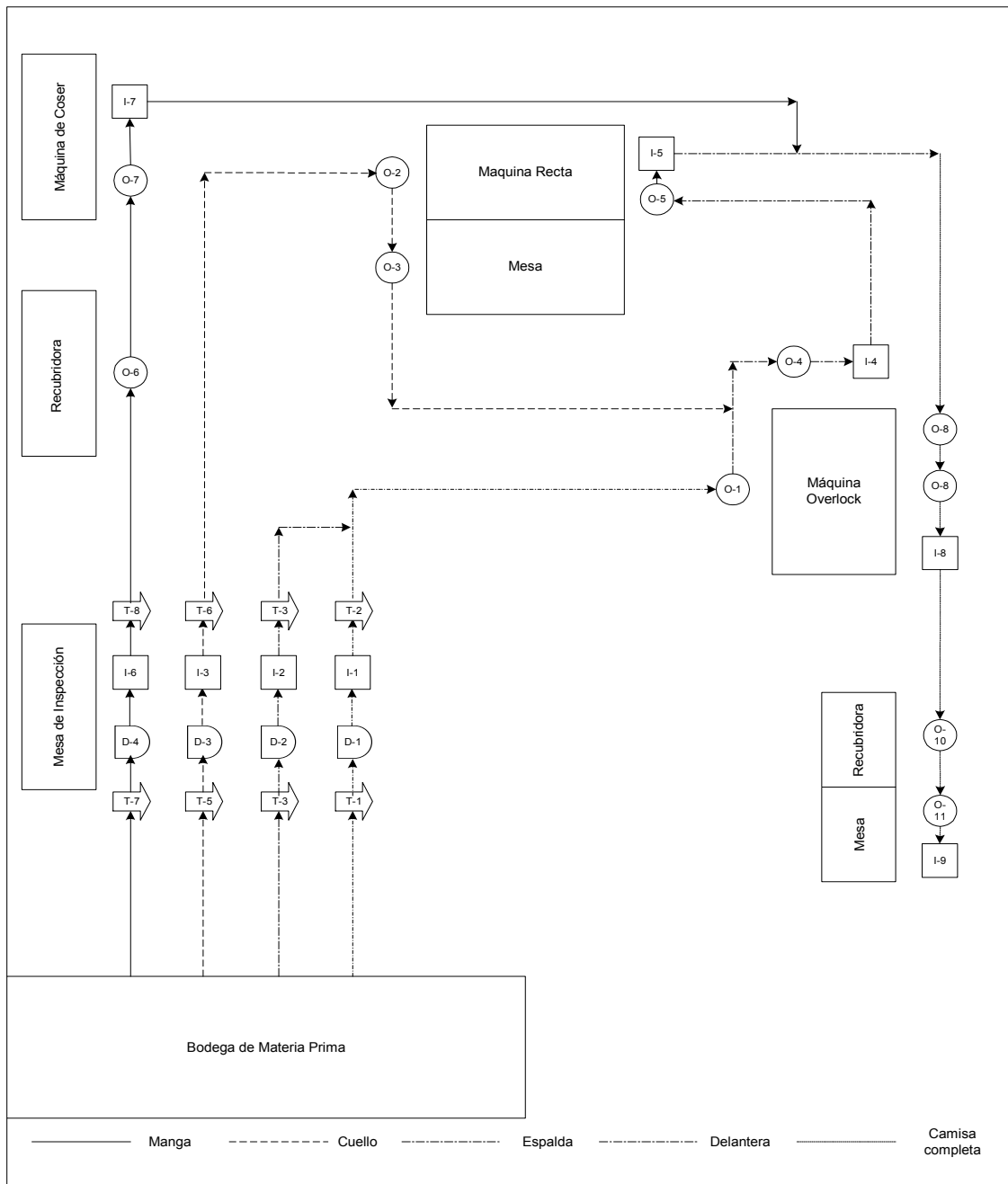


**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO**



Actividad	Símbolo	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	○	11	29.98	
Inspección	□	9		
Transporte	➡	8	44	140
Demora	⊔	4	6	
Almacenaje	▽	4		
TOTAL			79.98	140

## Diagrama de Recorrido de Proceso



## **Ejemplo de Aplicación No. 2**

La empresa FABRIMADERAS se dedica a la manufactura de muebles de madera. La misma solicita sus servicios para la elaboración del diagrama de operaciones, flujo y recorrido de proceso, para la elaboración de su línea de mesas de madera. Uno de los productos que la fábrica maneja es la mesa de 1 \* 80 mts y 1 ½ " de espesor. Para su fabricación se utiliza una cubierta plana de 1 \* 92 mts. y 1 ½ " de espesor. Al inicio, el encargado de bodega coloca la materia prima en un carrito, en donde llegan los operarios responsables del proceso para transportarlos a una mesa de inspección ubicada a 10 metros, en un tiempo de 2 minutos, ahí descargan para que el inspector revise la materia prima, una vez revisada la materia prima es trasladada al área de trabajo ubicada a 12 metros en 2.25 minutos.

Como primer paso la cubierta se corta al largo aproximado en 0.50 minutos, luego se cepilla para obtener superficies planas en 1.20 minutos, se verifican las dimensiones y se lija la cubierta en 1.50 minutos.

Por otra parte, las patas se cortan al largo aproximado en 0.25 minutos, se cepillan en 0.45 minutos, se verifican las dimensiones y se lijan las patas en 1.25 minutos.

Por último, los bastidores se cortan al largo aproximado en 0.25 minutos, se cepillan en 1.30 minutos para dejar las superficies planas y paralelas, se verifican las dimensiones y se lijan en 1.10 minutos.

Ya estando preparados los tres elementos se procede a ensamblar la mesa, se ensamblan los bastidores y la mesa en 3.10 minutos, se verifica el ensamble,

luego con tornillos especiales para madera se ensamblan las patas a la cubierta de la mesa en 4.50 minutos, se verifica el ensamble, se lija la mesa por completo en 2.05 minutos, se procede a aplicarle una capa de barniz a toda la mesa en un tiempo de 3.25 minutos y por último se realiza una inspección del producto terminado.

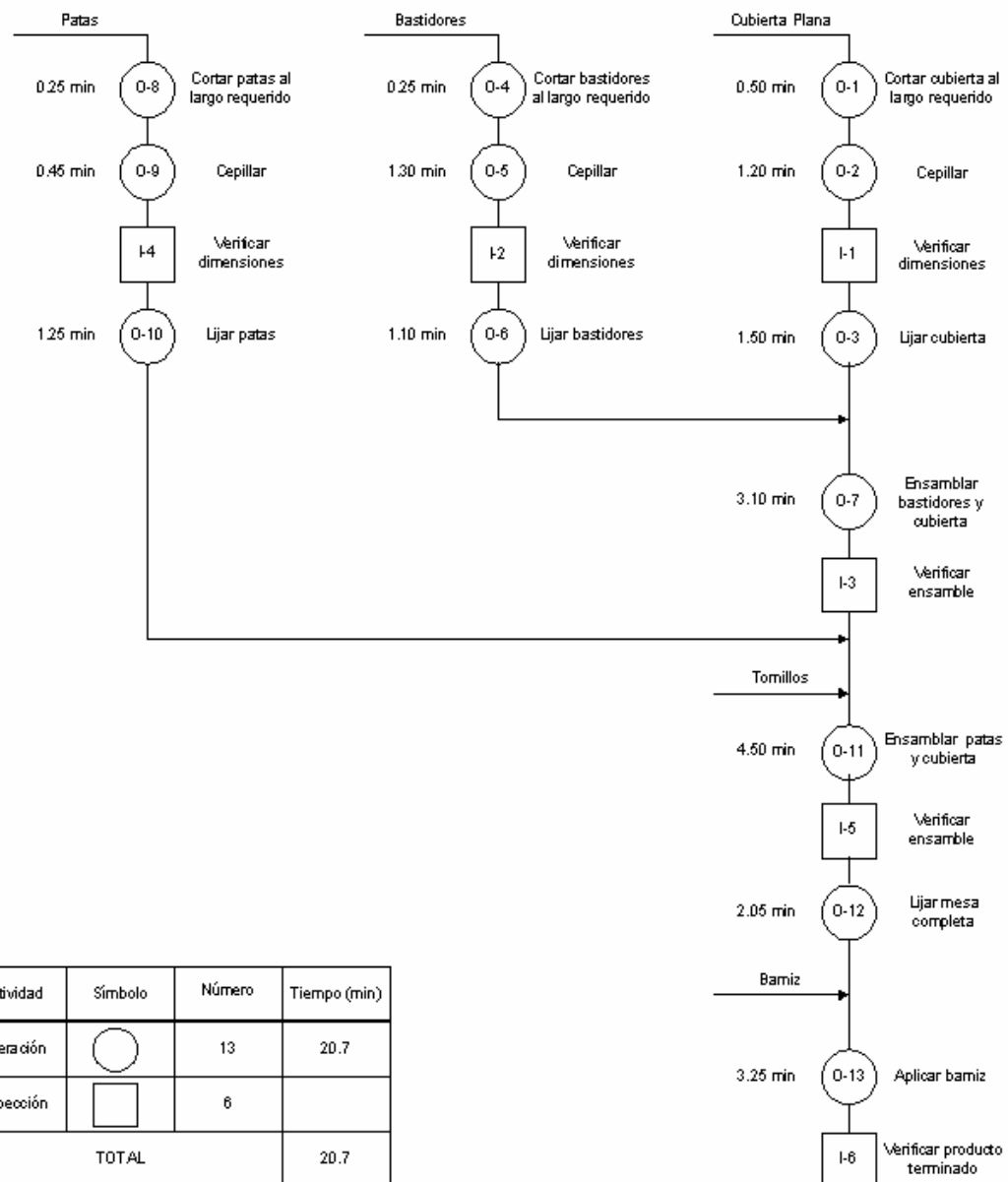


## Diagrama de Operaciones de Proceso

Nombre de la Empresa: Fabrimaderas  
 Departamento: Producción  
 Nombre del Proceso: Fabricación de Mesas  
 Método: Actual  
 Inicia en: Bodega de Materiales  
 Termina en: Bodega de Producto Terminado  
 Diagramado Por: Analista de Métodos

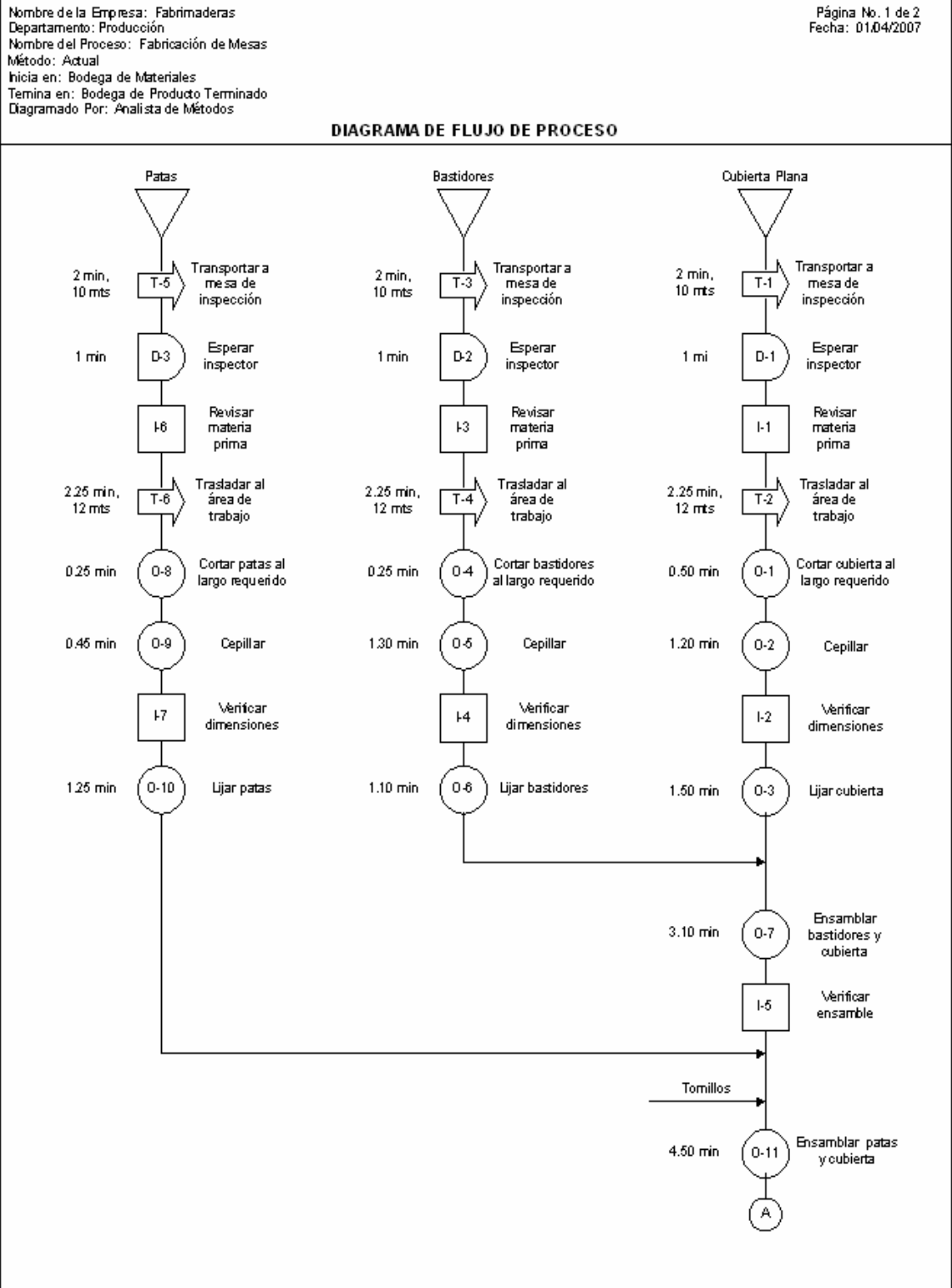
Página No. 1 de 1  
 Fecha: 01/04/2007

### DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

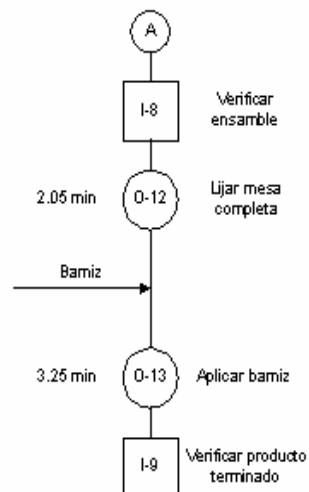


Actividad	Símbolo	Número	Tiempo (min)
Operación	○	13	20.7
Inspección	□	6	
TOTAL			20.7

## Diagrama de Flujo de Proceso

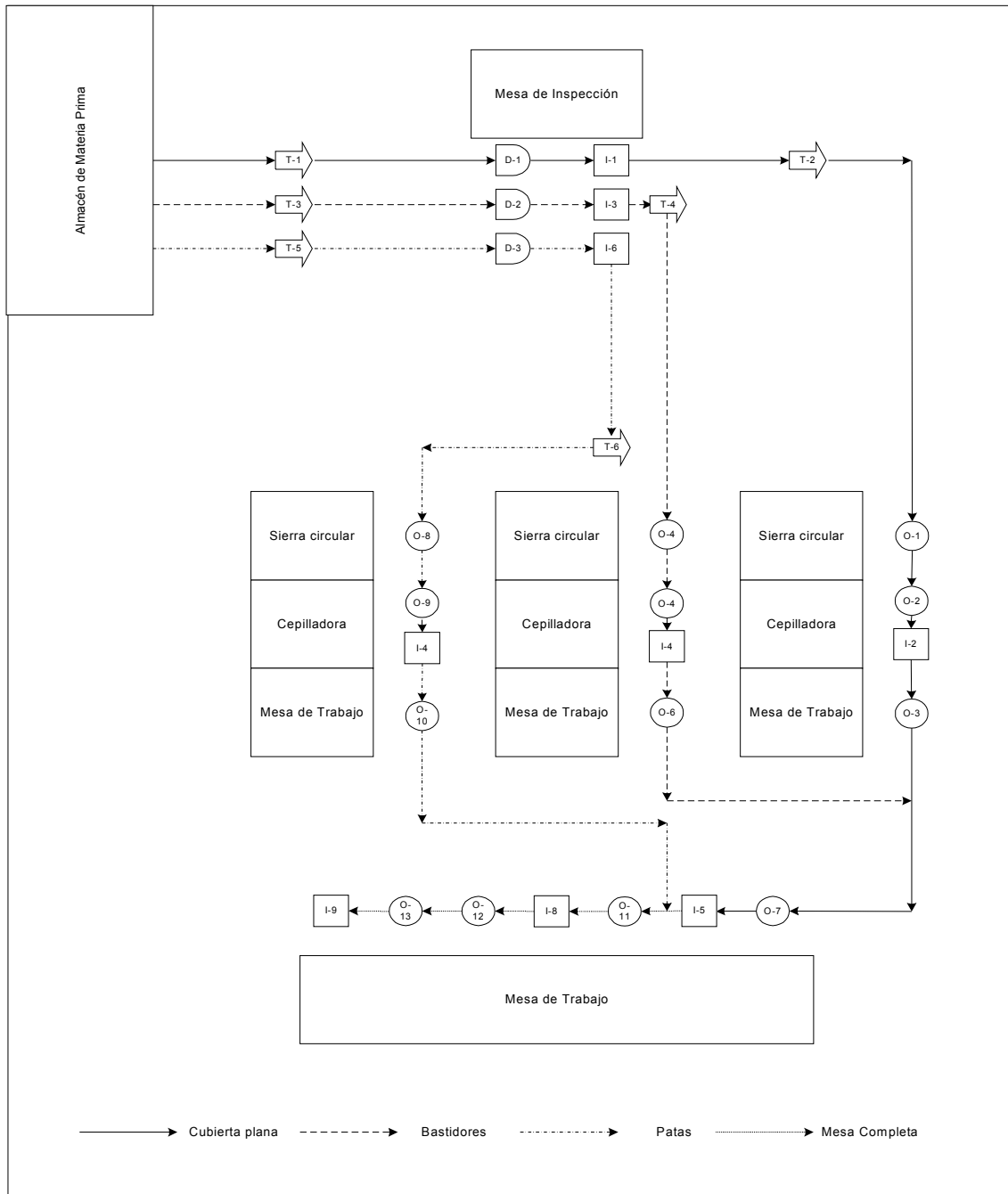


**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO**



Actividad	Símbolo	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	○	13	20.7	
Inspección	□	6		
Transporte	➡	6	12.75	66
Demora	⏸	3	1	
Almacenaje	▽	3		
TOTAL			34.45	66

## Diagrama de Recorrido de Proceso



## **3.2. Diseño de Trabajo: Principios de Economía de Movimientos**

### **3.2.1. Objetivos de la práctica**

- Que el alumno de ingeniería conozca la aplicación de los principios de la economía de movimientos.
- Dar a conocer la armonía que debe existir entre los distintos componentes que conforman el área de trabajo.
- Que el alumno conozca las cinco clases generales de movimientos.

### **3.2.2. Marco teórico**

Los principios de economía de movimientos son aplicables a cualquier tipo de trabajo y se dividen de la forma siguiente (Ver Tabla I – Movimientos básicos de Gilbreth):

- Aplicación y uso del cuerpo humano.
- Arreglo del área de trabajo.
- Diseño de herramientas y equipo.

**Tabla I Movimientos básicos de Gilbreth**

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

**Fuente: Estudio del Trabajo Ingeniería de Métodos. McGRAW-HILL.  
Referencia página 78**

Los principios de la economía de movimientos indican que el movimiento de los brazos debe realizarse de forma simultánea y en direcciones opuestas y simétricas y además los movimientos de las manos deben iniciar y finalizar al mismo tiempo.

Es importante además utilizar el impulso que puedan tener los materiales con los cuales se está trabajando, evitando proporcionárselo o retirárselo con esfuerzo propio.

Es necesario también realizar los movimientos de la mano de manera rítmica, es decir, adquirirlos de forma natural y fácil.

Dentro de los principios de la economía de movimientos también es importante el arreglo del área de trabajo para lo cual deben tomarse en consideración diversos aspectos.

Es importante para el arreglo del área asegurar las condiciones de visión de los trabajadores, para lo cual es importante una iluminación adecuada. Por otra parte, es importante tomar en cuenta otros factores que favorezcan a la comodidad y buen desempeño de los empleados tales como una adecuada ventilación y una correcta distribución del área de trabajo.

En los casos en los cuales sea posible deben utilizarse plantillas, pedales, herramientas de apoyo para facilitar el trabajo productivo de los operarios. Y estas deben colocarse en posición previo a iniciar con las actividades.

### **Cinco clases generales de movimientos**

Existen cinco clases generales de movimientos que se enumeran a continuación:

- 1) Movimientos en los que sólo se emplean los dedos de las manos
- 2) Movimientos en los que sólo se emplean los dedos y la muñeca
- 3) Movimientos en los que sólo se emplean los dedos, la muñeca y el antebrazo

- 4) Movimientos en los que sólo se emplean los dedos, la muñeca, el antebrazo y el brazo
- 5) Movimientos en los que se emplean los dedos, la muñeca, el antebrazo, el brazo y el cuerpo

Se obtendrán mayores ventajas cuando los movimientos efectuados para llevar a cabo una operación pertenezcan a las tres primeras clases.

### 3.2.3. Marco práctico

#### Ejemplo de Aplicación No. 1

Clasifique cada una de las actividades enumeradas a continuación con base a las clases de movimientos a las que pertenecen.

Actividad	Clase de movimiento
Movimiento de la mano derecha para utilizar una sumadora	2
Movimiento de la mano derecha para dar doble click al ratón	1
Movimiento para interpretar una melodía en flauta	3
Movimiento de la mano derecha para rebotar una pelota de baloncesto	4
Movimiento para escribir a computadora	3
Movimiento para coser a máquina	4
Movimiento para martillar un clavo	4
Movimiento para enebrar una aguja	2
Movimiento para cortar un tablón con un serrucho	5
Movimeinto para utilizar un taladro	4

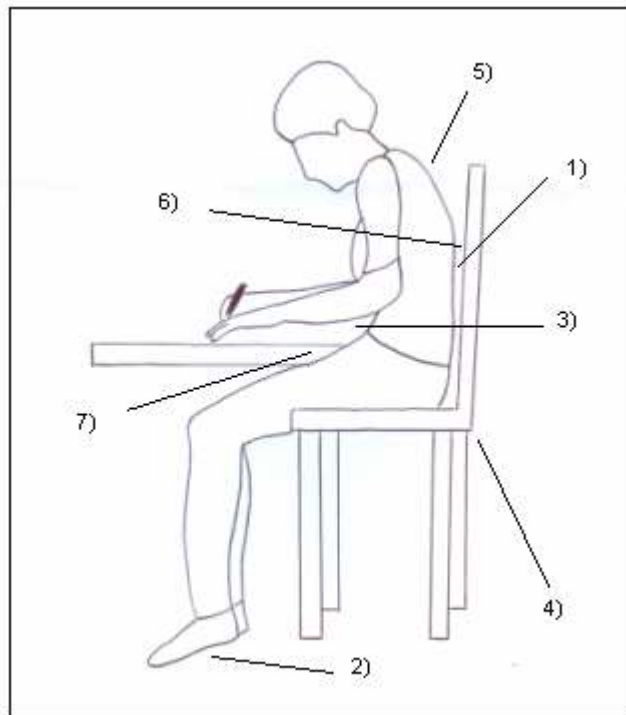


## Ejemplo de Aplicación No. 2

Enumere los errores que está cometiendo el estudiante de la figura



- 1) El respaldo de la silla utilizada es inadecuado.
- 2) Los pies se encuentran en posición incorrecta, debido a que no se encuentran asentados adecuadamente.
- 3) Los codos se encuentran arriba de la altura normal.
- 4) La altura de la silla no es la adecuada.
- 5) La posición de la espalda no es la correcta.
- 6) El asiento de la silla no es curvo, por lo que puede dañar la espalda.
- 7) El escritorio se encuentra demasiado cerca.



### 3.3. Diagrama de Proceso Bimanual

#### 3.3.1. Objetivos de la práctica

- Que el estudiante desarrolle la habilidad de registrar los movimientos realizados por las manos y pies de los operarios en las operaciones que se realicen de forma repetitiva.
- Que el estudiante aprenda a mejorar los métodos de trabajo, a través del balance de los movimientos y el análisis de los movimientos improductivos.
- Desarrollar en el estudiante la capacidad de presentar los datos de forma ordenada con el objeto de vender el método para su implementación.

### **3.3.2. Marco teórico**

#### **3.3.2.1. Descripción del Diagrama de Proceso Bimanual**

Al momento de asignar personal a un área determinada, previamente se debe haber realizado un análisis de la tarea, para seleccionar y capacitar al personal adecuadamente. Debido a esto se han hecho estudios para incrementar la productividad y la eficiencia de un operario en su tarea asignada.

El Diagrama de Proceso Bimanual denominado también diagrama de proceso del operario o diagrama de proceso mano derecha mano izquierda es una herramienta que se utiliza para presentar y registrar todos los movimientos realizados por la mano izquierda y por la mano derecha.

Este diagrama permite al analista conocer a fondo las operaciones, por lo que puede observar con claridad los movimientos ineficientes y las faltas a los principios de la economía de movimientos proporcionando de esta manera un panorama amplio que facilita la generación de ideas de las posibles mejoras que se puedan implementar. Permite el cambio de un método logrando una operación balanceada entre ambas manos, y reduciendo o bien eliminando los movimientos ineficientes dando como resultado un ciclo de trabajo más regular que minimiza las demoras y fatiga del operario.

Para que el estudiante tenga una guía que le sirva como base de apoyo para idear el método mejorado, a continuación se definen los principios

básicos de la “Economía de movimientos” definidos por el Doctor Ralph Barnes:

- 1) “El trabajo de las manos será equilibrado entre ambas manos; no estarán las dos ociosas a la vez y trabajarán en movimientos opuestos y simétricos”.
- 2) “No se exigirá a las manos cosas que puedan ser hechas por una herramienta, dispositivo o aparato”.
- 3) “Cuando son necesarios los movimientos de las manos, serán lo más simples posibles”.
- 4) “Los movimientos serán suaves, circulares y balísticos por naturaleza y harán uso del momento o impulsión”.
- 5) “Las herramientas, materiales y equipo estarán preposicionados o colocados por adelantado en lugares definitivos y fijos, lo que permitirá la mejor secuencia de los documentos”.
- 6) “Hay un tamaño óptimo de herramienta manual que será establecido y usado en cualquier situación de producción”.
- 7) “El ritmo será empleado siempre que sea posible”.

Para representar las actividades en el Diagrama de Procesos Bimanual se utilizan los mismos símbolos que en los diagramas de procesos pero se les da un significado levemente diferente con el objeto de que abarque más detalles (Ver Figura 8 – Simbología del Diagrama de Proceso Bimanual), o bien, pueden ser utilizados también los Therbligs de los Gilbreth. (Ver Tabla II – Therbligs de los Gilbreth).

**Tabla II Therbligs de los Gilbreth**

<b>Therbligs efectivos</b> (Implica un avance defecto en el progreso del tiempo. Pueden acortarse, pero es difícil eliminarlos)		
<b>Therblig</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Alcanzar	AL	Movimiento con la mano vacía desde y hacia el objeto; el tiempo depende de la distancia; en general precede a soltar y va seguido de tomar
Mover	M	Movimiento con la mano llena; el tiempo depende de la distancia, el peso y el tipo de movimiento; en general precedida por tomar y seguida de soltar o posicionar
Tomar	T	Cerrar los dedos alrededor de un objeto; Inicia cuando los dedos hacen contacto con el objeto y termina cuando se logra el control; depende del tipo de tomar; en general precedido por alcanzar y seguido por mover
Soltar	S	Dejar el control de un objeto; por lo común es el therblig más corto
Preposicionar	PP	Posicionar un objeto en un lugar predeterminado para su uso posterior; casi siempre ocurre junto con mover, como al orientar una pluma para escribir
Usar	U	Manipular una herramienta al usarla para lo que fue hecha; se detecta con facilidad
Ensamblar	E	Unir dos partes que van juntas; se detectan con facilidad en el avance del trabajo
Desensamblar	DE	Opuesto al ensamble, separación de partes que están juntas; en general precedido de posicionar o mover; seguido de soltar



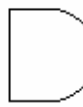

<b>Therbligs efectivos</b> (Implica un avance defecto en el progreso del tiempo. Pueden acortarse, pero es difícil eliminarlos)		
<b>Therblig</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Buscar	B	Ojos o manos que deben encontrar un objeto; Inicia cuando los ojos se mueven para localizar un objeto
Seleccionar	SE	Elegir un artículo entre varios; por lo común sigue a buscar
Posicionar	P	Orientar un objeto durante el trabajo; en general precedido de mover y seguido de soltar (en contraste a <i>durante</i> para preposicionar)
Inspeccionar	I	Comparar un objeto con un estándar, casi siempre con la vista, pero también puede ser con otros sentidos
Planear	PL	Hacer una pausa para determinar la siguiente acción; en general se detecta como una duda antes del movimiento
Retraso Inevitable	RI	Más allá del control del operario debido a la naturaleza de la operación, por ejemplo, la mano izquierda espera mientras la derecha termina un alcance más lejano
Retraso Evitable	R	Sólo el operario es responsable del tiempo ocioso, como al toser
Descanso para contrarrestar la fatiga	D	Aparece en forma periódica, no todos los ciclos, depende de la carga de trabajo físico
Sostener	SO	Una mano detiene un objeto mientras la otra realiza un trabajo provechoso

**Fuente: Niebel, Benjamín. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo. Referencia página 141**

Para encontrar la mejor manera de realizar un trabajo se debe realizar un análisis sistemático de cada una de las actividades detalladas en el diagrama logrando de esta forma:

- Balancear los movimientos de ambas manos.
- Reducir o bien eliminar los movimientos improductivos.

**Figura 8 Simbología del Diagrama de Proceso Bimanual**

Actividad	Símbolo	Definición
Operación		Se utiliza para los actos de asir, utilizar, solicitar, soltar, un material
Transporte		Se utiliza para representar el movimiento de la mano hasta el trabajo, herramienta o material o desde uno de ellos
Espera		Se utiliza para indicar el tiempo en que la mano no trabaja (aunque quizá trabaje la otra)
Sostenimiento o almacenamiento		El diagrama bimanual no emplea el término almacenamiento y el símbolo que le corresponde a este se indica el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material en la mano cuya actividad se está consignando

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio de Trabajo: Ingeniería de Métodos. Referencia página 70**

### **3.3.2.2. Elaboración del Diagrama de Proceso Bimanual**

El diagrama debe llevar en la parte superior un encabezado que incluya la información referente a la operación tal como el número de pieza y dibujo, método actual o propuesto, fecha, el nombre del analista que realiza el diagrama, etcétera. Debajo del encabezado se debe dejar un espacio para el croquis del lugar de trabajo ya que este bosquejo ayuda a presentar la operación que se estudia.

Una vez que se haya identificado plenamente el diagrama, se puede comenzar a desarrollar, para lo cual el analista debe observar el ciclo en el que se realizan las operaciones varias veces para determinar así que parte del ciclo se va a tomar como punto inicial, este punto debe fijarse claramente y debe tener suficiente magnitud para ser medido, el momento de recoger o asir otra pieza al comienzo de un ciclo de trabajo se presta para iniciar las anotaciones. Al iniciar las anotaciones es conveniente comenzar por la mano que coge la pieza primero o por la que ejecuta más trabajo, después se debe añadir en la segunda columna el trabajo que realiza la segunda mano.

Para el desarrollo del diagrama se debe tener en cuenta que cuando las acciones se realicen al mismo tiempo éstas se deben registrar en el mismo renglón y las acciones que tienen lugar sucesivamente deben registrarse en renglones distintos.

El diagrama se dibuja a escala, se debe observar la duración del ciclo, para establecer la cantidad de tiempo que debe representar cada centímetro vertical del diagrama.

Al terminar de diagramar las actividades para cada una de las manos, el analista debe realizar un resumen en la parte superior derecha de la hoja, indicando el tiempo de ciclo, el número de piezas por ciclo y el tiempo requerido por pieza.

Una vez finalizado el diagrama se debe realizar el análisis para determinar las mejoras posibles que se pueden implementar, para ello deben tomarse en cuenta los principios de la economía de movimientos como los son:

- Determinar las mejores secuencias de therbligs.
- Analizar las dudas para determinar sus causas y eliminarlas.
- Tratar de reducir el tiempo requerido para llevar a cabo un ciclo.

### **3.3.3. Marco práctico**

#### **Ejemplo de Aplicación No. 1**

La empresa AGUAS DE LA NATURALEZA se dedica al envasado de agua pura. La misma solicita sus servicios para la elaboración del diagrama bimanual para el llenado de una botella.

La mano izquierda toma la botella y la mano derecha espera (1.20 seg).

La mano izquierda a lleva la botella hasta el dispensador de agua y la mano derecha espera (3.10 seg.).

La mano izquierda sostiene la botella y la mano derecha abre la llave del dispensador de agua y la cierra (9.80 seg.).

La mano izquierda sostiene la botella y la mano derecha alcanza la tapa (1.00 seg.).



La mano izquierda sostiene la botella y la mano derecha coloca la tapa (1.60 seg.).

La mano izquierda sostiene la botella y la mano derecha enrosca la tapa (3.25 seg.).

La mano izquierda suelta la botella y la mano derecha espera (1.00 seg.).

**DIAGRAMA DE PROCESO DEL OPERADOR**

Fecha: 10 de abril del 2007

Operación: Llenado de botella de agua

Planta: Aguas de la Naturaleza

Departamento: Producción

Diagramado por: Analista de Métodos

Dibujo No. \_\_\_\_\_

Parte No. \_\_\_\_\_

Máquina tipo \_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_

**Resumen**

Total Tiempo

Total distancia

**Método Actual**

Mano Izquierda	Mano Derecha
20.95	20.95

Descripción de la Actividad <i>Mano Izquierda</i>	Símbolo	Tiempo (Seg)	Distancia (Mts)		Distancia (Mts)	Tiempo (Seg)	Símbolo	Descripción de la Actividad <i>Mano Derecha</i>		
Tomar botella	AL T	1.20								
Hasta dispensador de agua	M P	3.10			4.30		RI	Esperar		
Sostener botella	SO	15.65				9.80	AL T U S	Abrir y cerrar llave del dispensador		
								1.00	AL T	Alcanzar tapa
								1.60	P	Colocar tapa
								3.25	U	Roscar tapa
								1.00	RI	Esperar
Soltar botella	M S	1.00								

## **Ejemplo de Aplicación No. 2**

La empresa BOLÍGRAFOS DE GUATEMALA se dedica a la fabricación de bolígrafos. La misma solicita sus servicios para la elaboración del diagrama bimanual para el ensamble de un bolígrafo.

La mano izquierda alcanza el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha la carga que contiene la tinta del bolígrafo (1.00 seg.).

La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha introduce la carga en el cuerpo del bolígrafo (1.05 seg.).

La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha alcanza el tapón pequeño del cuerpo del bolígrafo (1.00 seg.).

La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha enrosca en el tapón pequeño en el cuerpo del bolígrafo (3.50 seg.).

La mano izquierda voltea el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha alcanza el puntero (0.90 seg.).

La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano izquierda enrosca el puntero (3.40 seg.).

La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha alcanza el tapón grande (1.80 seg.).

La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha coloca el tapón grande (2.10 seg.).

La mano izquierda sostiene el cuerpo del bolígrafo y la mano derecha espera (1.30 seg.).

**DIAGRAMA DE PROCESO DEL OPERADOR**

Fecha: 10 de abril del 2007

Operación: Llenado de botella de agua

Planta: Aguas de la Naturaleza

Departamento: Producción

Diagramado por: Analista de Métodos

Dibujo No. \_\_\_\_\_

Parte No. \_\_\_\_\_

Máquina tipo \_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_

**Resumen**

Total Tiempo

Total distancia

**Método Actual**

Mano Izquierda	Mano Derecha
16.05	16.05

Descripción de la Actividad <i>Mano Izquierda</i>	Símbolo	Tiempo (Seg)	Distancia (Mts)		Distancia (Mts)	Tiempo (Seg)	Símbolo	Descripción de la Actividad <i>Mano Derecha</i>		
Alcanzar cuerpo	AL T	1.00				1.00	AL T	Alcanzar carga		
Sostener cuerpo	SO	5.55				1.05	M P E	Introducir carga		
								1.00	AL T	Alcanzar tapón pequeño
								3.50	M P E	Enroscar tapón pequeño
Voltear el cuerpo del bolígrafo	PP	0.90				0.90	AL T	Alcanzar puntero		
Sostener cuerpo	SO	7.30				3.40	M P E	Enrosca el puntero		
								1.80	AL T	Alcanzar tapón grande
								2.10	M P E	Colocar tapón grande
Soltar cuerpo	S	1.30				1.30	RI	Esperar		

### **3.4. Diagrama de Proceso Hombre – Máquina**

#### **3.4.1. Objetivos de la práctica**

- Desarrollar la capacidad en el estudiante de estudiar y analizar la relación del ciclo de trabajo de un operario y el de una máquina en una estación de trabajo.
- Que el estudiante sea capaz de realizar el acoplamiento de un operario con la máquina en base a los ciclos de trabajo individuales.
- Que el estudiante aprenda a establecer el número de máquinas necesarias que deben ser asignadas a un operario, en base a los costos, utilizando el método de Diagrama Hombre-Máquina.

#### **3.4.2. Marco teórico**

##### **3.4.2.1. Diagrama de Proceso Hombre – Máquina**

El diagrama de proceso hombre-máquina se utiliza para el análisis y la mejora de la productividad de una estación de trabajo en la cual existe la interacción del hombre y la máquina. Es la representación gráfica de la secuencia de actividades que conforman las operaciones en las que intervienen hombres y máquinas, en la cual se muestra la relación de tiempo exacta que existe entre el tiempo de trabajo del operario y el tiempo de trabajo de la máquina, facilitando con estos datos determinar la eficiencia de los operarios y de las máquinas con el fin de encontrar un balance en el ciclo de trabajo de ambos de una manera más adecuada.

La mayoría de las máquinas son automáticas por completo, lo que da lugar a que el operario se encuentre ocioso en gran parte del ciclo.

La utilización de este tiempo ocioso permite la mejora en la eficiencia de la estación de trabajo así como el incremento en el salario del trabajador.

Para el mayor aprovechamiento del tiempo de ocio, existe el *acoplamiento de máquinas*, que se presenta cuando el trabajador opera más de una máquina. Un buen acoplamiento de máquinas, sienta la base para el establecimiento adecuado de un plan de remuneración o incentivos puesto que el mismo incrementa la responsabilidad del operario, ya que realiza un mayor esfuerzo físico y mental.

El diagrama terminado muestra en donde ocurren los tiempos ociosos de los operarios y los tiempos muertos de las máquinas, dando así un punto de partida para la introducción de mejoras al proceso. Pero además debe tomarse en cuenta el costo del operario ocioso y el costo de la máquina ociosa para poder hacer una correcta recomendación.

### **Elaboración del Diagrama de Proceso Hombre – Máquina**

Al elaborar un diagrama hombre-máquina, lo primero que se debe hacer, es determinar cuál operación se va a diagramar. Una vez seleccionada la operación debe observarse repetidamente para dividirla en sus elementos e identificar en donde inicia y en donde finaliza cada ciclo. Después se debe proceder a medir el tiempo de cada una de las actividades que componen la operación, es necesario registrar el tiempo exacto de cada una de las actividades, los valores deben representar los tiempos estándar.

Después de seleccionada la operación y recopilados los tiempos se debe proceder a la construcción del diagrama.

Al igual que todos los diagramas, el diagrama hombre-máquina debe llevar un encabezado que puede contener la información siguiente: Nombre del diagrama (hombre-máquina), número de parte, número de dibujo, descripción de la operación, método (actual o propuesto), inicio y fin de la operación, nombre de la persona que realiza el diagrama, fecha de elaboración, etcétera.

Los diagramas hombre-máquina se hacen a escala, entonces el analista debe escoger la unidad de medida para representar las unidades de tiempo, por ejemplo un centímetro puede representar un minuto. Entre más largo es el ciclo de la operación, más corta es la distancia que representa la unidad de tiempo y viceversa.

Ya establecida la escala en la parte izquierda del papel se describen las actividades o elementos que conforman la operación, a la derecha de esta descripción se colocan los tiempos del operario, tanto activos como inactivos, y a la derecha se colocan los tiempos de trabajo y muertos de la(s) máquina(s).

El tiempo del operario se representa con una línea vertical continua y una discontinuidad en la misma representa el tiempo ocioso del mismo, de igual forma para las máquinas, una interrupción representa el tiempo muerto y una línea discontinua representa un tiempo de carga y descarga.

En la parte inferior del diagrama se muestran los tiempos totales de trabajo y ociosos tanto de la(s) máquina(s) como del operario. El tiempo productivo más el tiempo ocioso del operario debe ser igual al tiempo productivo más el tiempo ocioso de cada máquina que opera.

### **3.4.3. Marco práctico**

#### **Ejemplo de Aplicación No. 1**

La compañía POLI-INDUSTRIAS recibe un pedido de 4,000 unidades de un producto que requiere una operación de ranurado. El pedido debe ser terminado en 11 semanas.

La compañía trabaja 44 horas a la semana, y puede prolongarse hasta un 40% de tiempo extra.

Los tiempos de operación son los siguientes:

Colocar pieza y apretar el sujetador (1.50 min.).

Encender el torno (0.50 min.).

Mover contrapunto y fijar al borde externo de la pieza (2.00 min.).

El torno tarda en realizar el rasurado (8.00 min.).

Apagar el torno (0.50 min.).

Regresar contrapunto (1.50 min.).

Aflojar sujetador, sacar pieza y limpiar viruta (2.00 min.).

Caminar de un torno a otro (1.00 min.).

Se acostumbra un suplemento de 12% para corregir el ciclo utilizado en la determinación de los costos. Para realizar el trabajo se tiene un operario y 3 tornos.

Los costos de la operación son los siguientes:

El salario del operador es de Q 10.00/hora, la hora extra se paga a 1.5 del costo de la hora normal

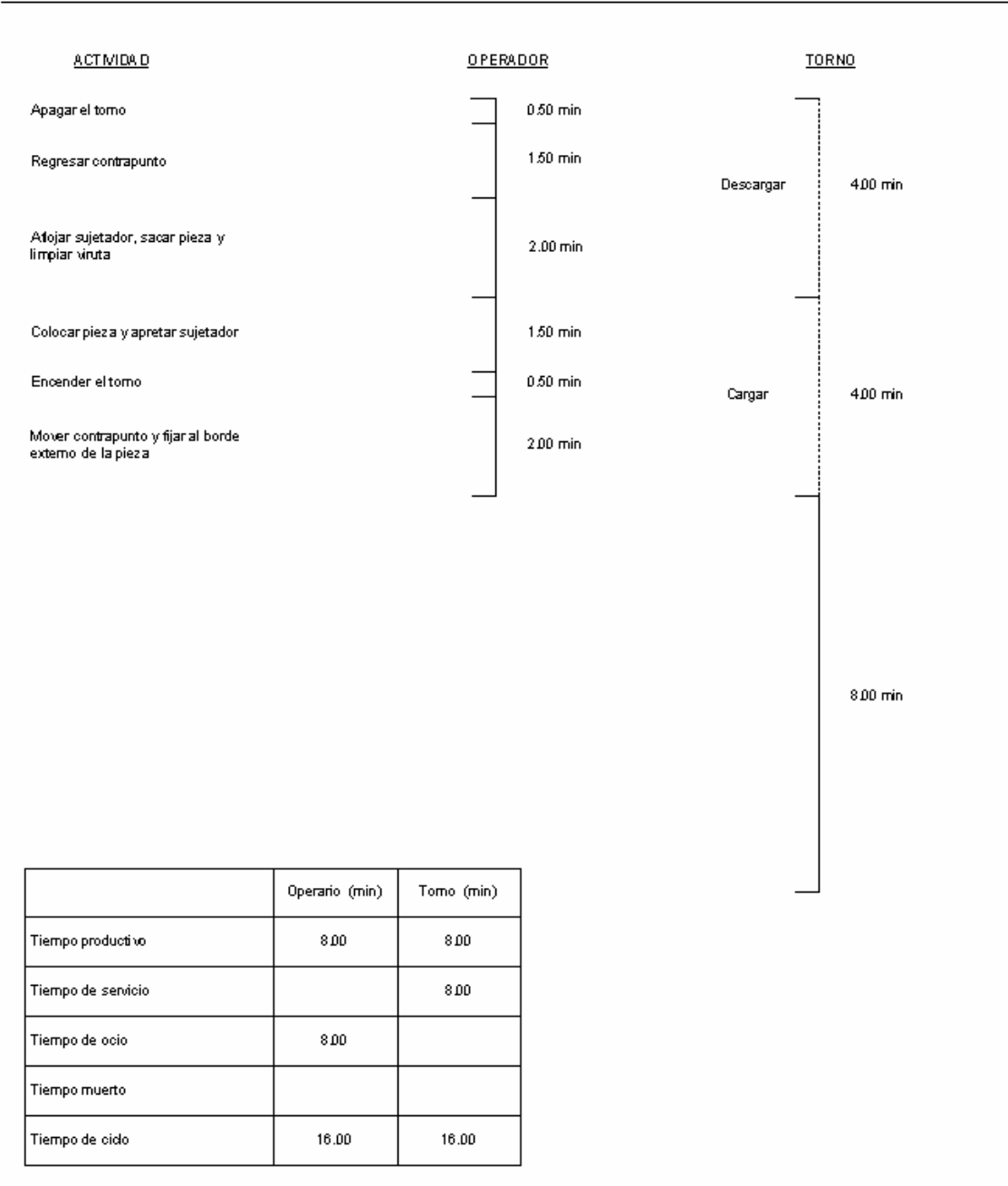


El costo variable de la máquina es de Q 25/hora

El costo del material es de Q 18.00/unidad

Se le solicita encontrar el método de producción más económico, aplicando el método del Diagrama de Proceso Hombre-Máquina.

**DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE - MÁQUINA**



Ciclo = 16 min.

Tiempo estándar por pieza =  $16 \text{ min} * 1.12 = 17.92 \text{ min/pieza}$

Número de piezas/hora =  $60 / 17.92 = 3.35 \text{ piezas/hora}$

Tiempo para 4,000 piezas =  $4,000/3.35 = 1195 \text{ horas}$

*Tiempo disponible*

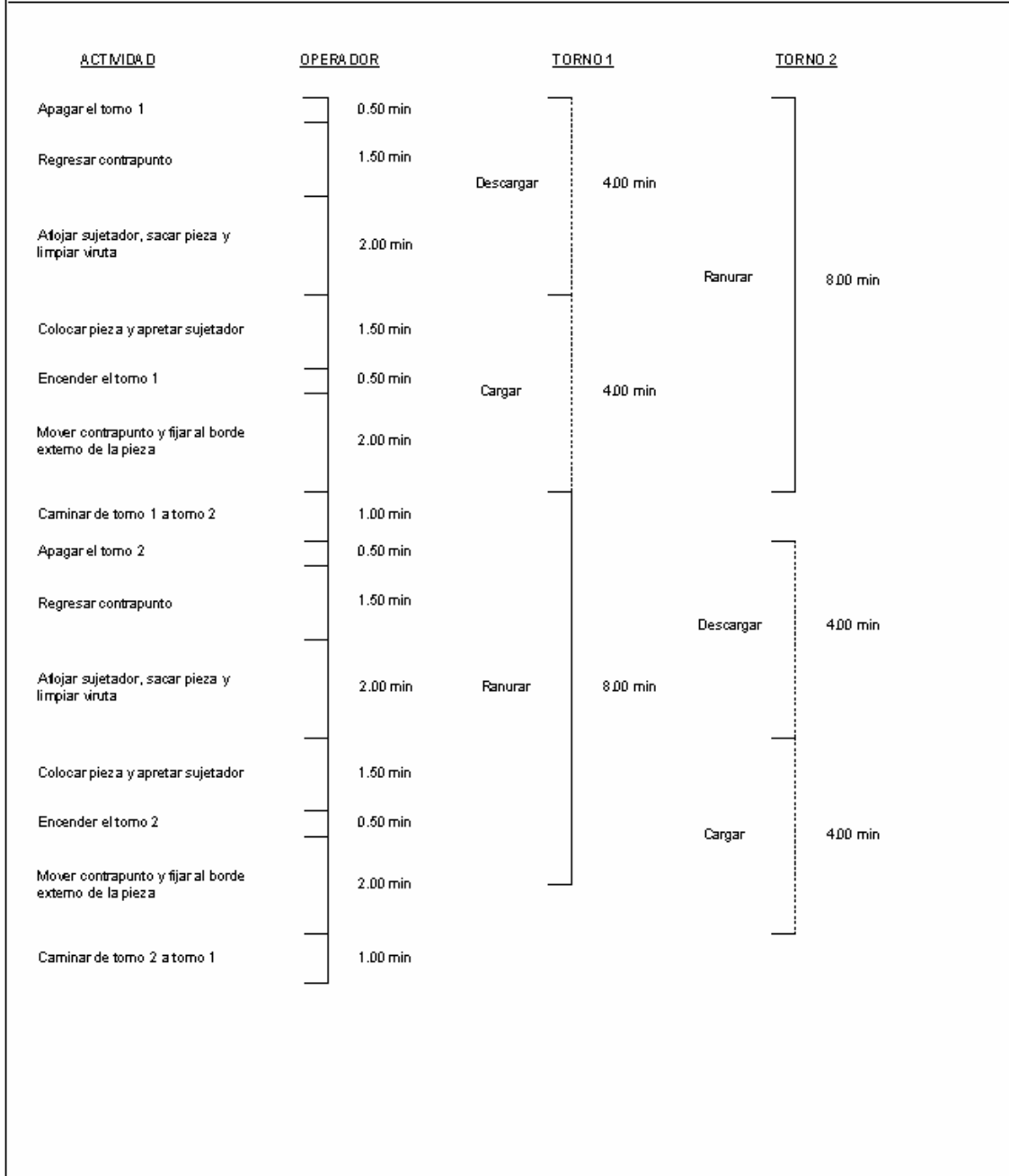
Tiempo normal =  $11 \text{ semanas} * 44 \text{ horas/semana} = 484 \text{ horas}$

Tiempo extra =  $484 \text{ horas} * 40\% = 194 \text{ horas}$

Tiempo disponible =  $484 \text{ horas} + 194 \text{ horas} = 678 \text{ horas}$

*El operario no puede terminar el trabajo requerido con una sola máquina*

**DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE - MÁQUINA**



Ciclo = 16 min

Tiempo estándar por pieza =  $(16 \text{ min} * 1.12) / 2 = 8.96 \text{ min/pieza}$

Número de piezas/hora =  $60 / 8.96 = 6.70 \text{ piezas/hora}$

Tiempo para 4,000 piezas =  $4,000/6.70 = 598 \text{ horas}$

*Tiempo disponible*

Tiempo normal =  $11 \text{ semanas} * 44 \text{ horas/semana} = 484 \text{ horas}$

Tiempo extra =  $484 \text{ horas} * 40\% = 194 \text{ horas}$

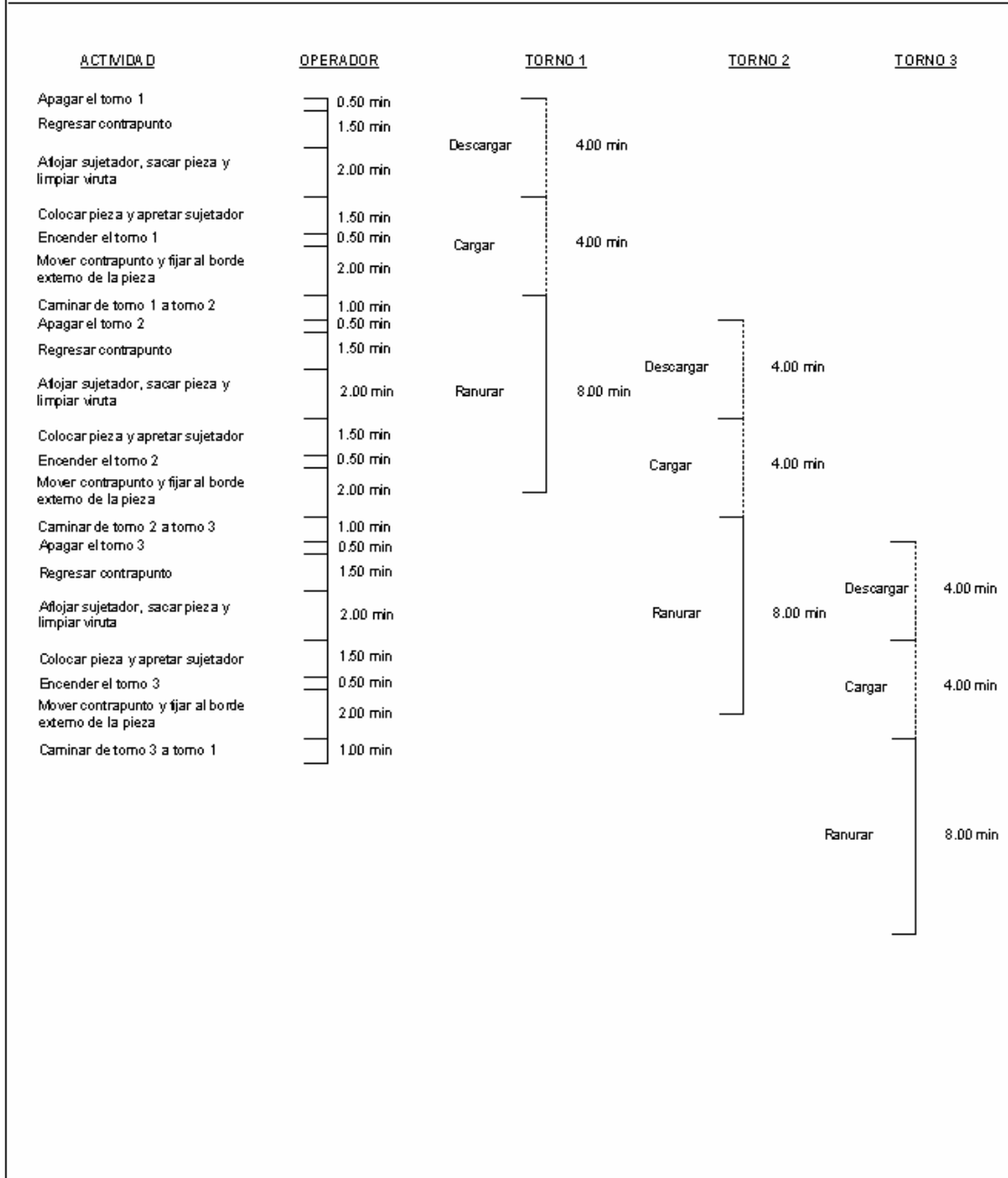
Tiempo disponible =  $484 \text{ horas} + 194 \text{ horas} = 678 \text{ horas}$

*El operario puede terminar el trabajo en el tiempo requerido utilizando dos máquinas.*

*El costo es*

Material	=	$4\ 000 * 18.00$	=	Q 72 000.00
Tiempo normal	=	$484 * 10.00$	=	Q 4 840.00
Tiempo extra	=	$(598 - 484) * 10.00 * 1.5$	=	Q 1 710.00
Costo máquina	=	$598 * 25.00$	=	Q 14 950.00
				<hr/>
		Total	=	Q 93 500.00

**DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE - MÁQUINA**



Ciclo = 16 min

Tiempo estándar por pieza =  $(16 \text{ min} * 1.12) / 3 = 5.97 \text{ min/pieza}$

Número de piezas/hora =  $60 / 5.97 = 10.05 \text{ piezas/hora}$

Tiempo para 4,000 piezas =  $4,000/10.05 = 398 \text{ horas}$

*Tiempo disponible*

Tiempo normal =  $11 \text{ semanas} * 44 \text{ horas/semana} = 484 \text{ horas}$

Tiempo extra =  $484 \text{ horas} * 40\% = 194 \text{ horas}$

Tiempo disponible =  $484 \text{ horas} + 194 \text{ horas} = 678 \text{ horas}$

*El operario puede terminar el trabajo en el tiempo requerido utilizando tres máquinas.*

*El costo es*

Material	=	$4\ 000 * 18.00$	=	Q 72 000.00
Tiempo normal	=	$398 * 10.00$	=	Q 3 980.00
Costo máquina	=	$398 * 25.00$	=	Q 9 950.00
		Total	=	<u>Q 85 930.00</u>

### **Conclusión.**

La solución más viable para cumplir el pedido de 4 000 piezas es utilizar un operario con tres máquinas, debido a que el costo total será menor al obtenido al emplear dos máquinas.

Con tres máquinas, el pedido se completará en  $398/44 = 9.04$  semanas a un costo de  $Q85\ 930.00 / 4\ 000 = Q\ 21.48$  por pieza

## **Ejemplo de Aplicación No. 2**

Se le solicita desarrollar el diagrama de hombre-máquina del proceso de lavado de una prenda de lona, para lo cual el operario tiene a su cargo una lavadora, una extractora y una secadora. La actividad que el operario realiza es la siguiente:

Retirar las prendas de lona de la lavadora (2 min.).

Colocar las prendas de lona en la lavadora (2 min.).

Agregar tinte (1.50 min.).

Inspeccionar (1 min.).

La lavadora emplea para la aplicación del tinte (4 min.).

Trasladarse de la lavadora a la extractora (0.50 min.).

Descargar extractora (6 min.).

Extractar (3 min.).

Cargar extractadora (6 min.).

Trasladarse de la extractora a la secadora (2.50 min.).

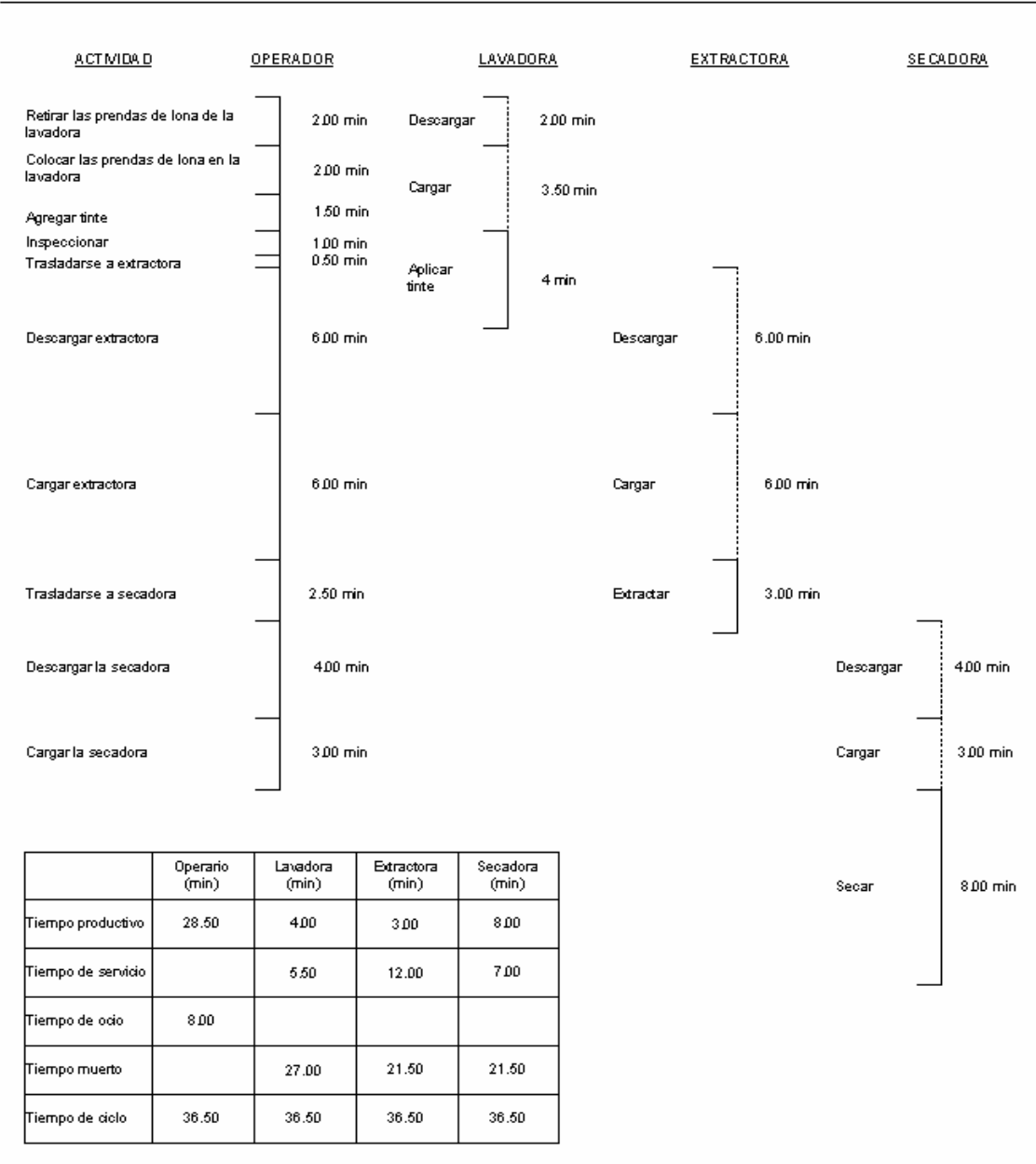
Descargar la secadora (4 min.).

Cargar secadora (3 min.).

Secar (8 min.).



**DIAGRAMA DE PROCESO HOMBRE - MÁQUINA**



### 3.5. Procedimientos de Medición del Trabajo

#### 3.5.1. Objetivos de la práctica

- Que el estudiante aprenda a establecer el tiempo estándar de una operación y conozca sus diversas aplicaciones.
- Que el estudiante aprenda a utilizar los dos métodos para el registro de tiempos, así como sus ventajas y desventajas:
  - Regreso a cero.
  - Lecturas continuas.
- Conocer el procedimiento que un analista debe realizar para llevar a cabo la toma de tiempos.

#### 3.5.2. Marco teórico

El objetivo principal del *Estudio de movimientos*, también conocido como *Medición del trabajo*, es lograr determinar el **tiempo estándar** de una operación, para así poder determinar en algunas ocasiones los planes de incentivos para la producción. Existen tres elementos que ayudan a determinar los tiempos estándar de las operaciones, estos son:

- Las estimaciones.
- Los registros históricos y;
- Los procedimientos de medición del trabajo.

El estudio de tiempos es una técnica encaminada a determinar el tiempo requerido, en ciertas condiciones de medición, para trabajos en los que intervienen actividades humanas, esta técnica se basa en la medición del método señalado, con los debidos suplementos por fatiga, retrasos personales

y retrasos inevitables. El resultado de esta medición recibe el nombre de **tiempo estándar**.

Es importante tomar en cuenta que el estudio de tiempos para la determinación del tiempo estándar debe realizarse cuando ya se tiene el método ideal, por lo que antes del estudio de tiempos habrá que haberse realizado un estudio de métodos y movimientos.

#### **3.5.2.1. Requerimientos para el estudio de tiempos**

Para el desarrollo del estudio de tiempos se deben cumplir ciertos requerimientos fundamentales, siendo el primero de ellos que debe tenerse un método estandarizado antes de iniciar el estudio.

El Jefe del Departamento debe verificar que el operario realiza el trabajo con el método correcto, verificando que el equipo funcione adecuadamente y que cuente con los recursos necesarios.

El buen trato al operario es muy importante ya que de eso dependerá la cooperación que el analista reciba.

Para llevar a cabo el estudio de tiempos, el analista requiere por lo mínimo de:

- Un cronómetro.
- Un tablero de estudio de tiempos.
- Forma de estudio de tiempos, para registrar todos los detalles del estudio. Detalles tales como; la información del método que se está

estudiando, el equipo utilizado, etcétera. (Ver Figura 9. Forma para Estudio de Tiempos).



Esta forma de estudio debe incluir un encabezado que contenga por lo menos el nombre de la empresa, del proceso, el nombre del analista, la técnica que se está utilizando para realizar el estudio de tiempos, la fecha, etcétera.

- Calculadora de bolsillo o por conveniencia equipo de cómputo.
- En algunos casos además de los elementos mencionados se puede utilizar equipo de filmación.

#### **3.5.2.2. Toma de tiempos.**

Para realizar la toma de tiempos existen dos técnicas. Estas son el método continuo y la técnica de regreso a cero. En el **método continuo** se deja correr el cronómetro y se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas siguen corriendo. En la **técnica de regreso a cero** el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento y luego las manecillas se regresan a cero de inmediato, este procedimiento se realiza durante todo el estudio.

#### **3.5.2.3. Técnicas para el estudio de tiempos.**

A continuación se describen las técnicas utilizadas por un analista para la toma de tiempos.

##### **Lecturas de regreso a cero.**

Entre las ventajas y desventajas del método de regreso a cero podemos mencionar las siguientes:

### *Ventajas.*

- Evita estar realizando restas sucesivamente para encontrar el tiempo de cada uno de los elementos.
- No requiere que el número de ciclos a medir sea muy largo.
- Permite registrar los elementos que el operario ejecuta en desorden sin una notación especial.

### *Desventajas.*

- Al regresar el cronómetro a cero genera un error acumulativo.
- Dificulta el registro de los elementos extraños.
- Provoca que el analista se descuide ya que este debe concentrarse en ir anotando los tiempos cada vez que regresa el cronómetro a cero.
- No se puede comprobar el tiempo total del estudio sumando los tiempos elementales.
- Resulta muy difícil medir los elementos cortos.

Algunos analistas utilizan ambos métodos con la creencia de que los ciclos de estudio largos se miden de mejor forma con las lecturas de regreso a cero y los ciclos de estudio cortos se miden de mejor forma con el método continuo.

### **Lecturas continuas.**

Esta técnica para registrar valores elementales es mejor al de regreso a cero por algunas razones, una de ellas es que presenta un registro completo de todo el período de observaciones.

### *Ventajas.*

- Se toman en cuenta los retrasos y elementos extraños.
- Debido a que se exponen claramente todos los hechos, ya que presenta un registro completo de todos los hechos, esta técnica resulta muy agradable a los operarios.

### *Desventajas.*

- Ésta técnica requiere mayor trabajo de oficina para realizar la evaluación del estudio, debido al hecho de que es necesario realizar restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar los tiempos transcurridos.

#### **3.5.2.4. Cronometración**

Dentro del proceso de cronometración es importante que el estudiante conozca los términos siguientes:

#### **Tiempo estándar**

Es el tiempo necesario para que un operario promedio, plenamente adiestrado y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una operación.

El tiempo estándar puede ser utilizado para:

- Determinar las necesidades de mano de obra y de equipo.
- Ayudar al desarrollo de métodos eficaces.
- Comparar los resultados planeados contra los recursos invertidos.



Para determinar el tiempo estándar se pueden mencionar algunas técnicas importantes como lo son:

- Cronometraje.
- Datos estándar.
- Muestreo de trabajo.

### **Cronometraje.**

La técnica del cronometraje se divide en dos partes:

- 1) La determinación del número de ciclos a cronometrar.
- 2) Cálculo del tiempo estándar.

#### *1) Número de ciclos a cronometrar*

Un ciclo de trabajo se define como la secuencia de elementos o actividades que constituyen el trabajo o tareas que se encuentran en observación. El número de ciclos a cronometrar depende del grado de exactitud que se desea alcanzar. Pero debido a que los elementos de una tarea y su tiempo de ciclo inciden en el número de ciclos que se pueden estudiar el analista no puede únicamente basarse en la estadística que requiere un tamaño determinado de muestra. La General Electric Company definió una tabla para determinar el número de veces que una operación debe ser cronometrada (Ver tabla III – General Electric – Número de ciclos de observación).

**Tabla III General Electric – Número de ciclos de observación**

Tiempo aproximado del ciclo en minutos	No. de ciclos recomendado
0.1	200
0.25	100
0.5	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
5.00	15
10.00	10
20.00	8
40.00	5
Más de 40.00	3

**Fuente: Niebel, Benjamín. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo. Referencia página 340**

Se puede determinar un número más exacto de ciclos a medir mediante el método estadístico.

$$N = \left[ \frac{K * \sigma}{e * \bar{x}} \right]^2 + 1$$

en donde:

N = Número de observaciones que se van a tomar

K = Constante de riesgo

$$K = 1 \rightarrow 32\%$$

$$K = 2 \rightarrow 5\%$$

$$K = 3 \rightarrow 0.3\%$$

$\sigma$  = Desviación típica

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f(x - \bar{x})^2}{n}}$$

e = Valor del error

$\bar{x}$  = Media aritmética

### 3.5.2.5. Calificación

La calificación de la actuación es una herramienta que el analista de métodos utiliza para determinar justamente el tiempo necesario para que un operario normal realice la tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio.

Un operario normal se define como un operario calificado, plenamente capacitado que trabaja bajo las condiciones acostumbradas en la estación de trabajo a un paso representativo del promedio.

Cuando se califica el desempeño, el analista evalúa la efectividad de la operación en términos del desempeño de un operario normal que realiza la misma operación. Es decir se ajusta el tiempo observado de cada elemento que conforma la operación al tiempo normal que el “operario normal” requiere para realizar el mismo trabajo:

$$TN = TO * C/100$$

En donde:

TN = Tiempo normal

TO = Tiempo observado

C = Porcentaje correspondiente al desempeño

Uno de los sistemas más populares para estimar la calificación del operario es el Sistema Westinghouse, que enumera las distintas clases

de competencias de los operarios (Ver Tabla IV – Sistema de Wesinghouse).

### **3.5.2.6. Suplemento**

Una vez calculado el tiempo normal debe procederse a calcular el tiempo estándar, este procedimiento consiste en agregar un suplemento debido a las interrupciones, demoras y retrasos causados por la fatiga en toda actividad asignada.

En general los suplementos se aplican a tres áreas generales que son:

- 1) Retrasos personales.
- 2) Fatiga.
- 3) Retrasos inevitables.

1) *Retrasos personales.* Estos suplementos incluyen todas aquellas situaciones en las cuales el trabajo se ve interrumpido por la comodidad del operario. Este tipo de retrasos incluye actividades necesarias para el bienestar del empleado que necesita beber agua, ir al sanitario, etcétera. Un porcentaje adecuado es el de 5%, es decir, cerca de 24 minutos en 8 horas.

2) *Fatiga.* Este porcentaje por lo general se basa en la aceptación general y en algunas ocasiones son sometidas a negociaciones entre los trabajadores y la institución. La fatiga puede ser física o mental y tiene como efecto la deficiencia en el trabajo. Algunos de los factores que afectan la fatiga son las condiciones de trabajo, la repetición del trabajo, así como la salud del trabajador.

Es considerado conveniente asignar un 4% del tiempo normal para un operario en buenas condiciones de trabajo.

3) *Retrasos inevitables*. Este tipo de demoras se aplica a elementos de esfuerzo físico e incluye intervenciones del supervisor, analista de métodos, irregularidades de los materiales, demoras por interferencias cuando se hacen asignaciones de máquinas múltiples, etcétera. Es considerado conveniente asignar un 4% del tiempo para un retraso inevitable.

### **3.5.3. Marco práctico**

#### **Ejemplo de Aplicación No. 1**

En un estudio piloto para un elemento dado, se tomaron las siguientes lecturas en segundos; 6, 8, 8, 7, 9, 6, 5, 9, 7, 8, y se busca determinar el número mínimo de lecturas con un error del 3% y un riesgo del 5%.

### *Solución*

x	f	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	f(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
5	1	-2.3	5.29	5.29
6	2	-1.3	1.69	3.38
7	2	-0.3	0.09	0.18
8	3	0.7	0.49	1.47
9	2	1.7	2.89	5.78
	<b>10</b>			<b>16.10</b>

### *Media Aritmética*

$$\bar{x} = 1.27$$

### *Desviación Típica*

$$\sigma = 1.27$$

### *Cálculo del número de observaciones requeridas*

$$N = \left[ \frac{2 * 1.27}{0.03 * 7.3} \right]^2 + 1 = 136$$

### **Conclusión.**

El número de mínimo de lecturas requeridas según el método estadístico es de 126 debido a que previamente se habían llevado a cabo 10 lecturas.

### **Ejemplo de Aplicación No. 2**

El taller EL HERRAMENTAL ha realizado un estudio para calcular el tiempo estándar de la operación de refrentado de una pieza cilíndrica con la finalidad de establecer un índice del trabajo que se puede llevar a cabo diariamente y determinar cuanto tiempo se requiere para llevar a cabo un pedido solicitado por un cliente. El trabajo de refrentado se compone de los elementos siguientes:

Colocar pieza cilíndrica y apretar el sujetador.

Colocar el buril en el portaherramientas en un ángulo aproximado de 60° en relación al mismo.

Encender la máquina herramienta.

Mover el contrapunto y fijarlo al borde externo de la pieza.

Refrentar pieza.

Apagar la máquina herramienta.

Regresar el contrapunto.

Aflojar el sujetador y sacar la pieza.

Para el cálculo del tiempo estándar se utilizaron los datos siguientes:

Calificación del operario: 90%

Demoras personales: 5%

Intervenciones del supervisor: 7%

Cansancio del operario: 6%

Se realizaron 9 ciclos de lectura utilizando el método de regreso a cero, los datos registrados se muestran en la tabla siguiente:

## FORMATO PARA ESTUDIO DE TIEMPOS

Pág No. 1 de 1

<b>Empresa:</b>	El Herramental		
<b>Proceso:</b>		<b>Operación:</b>	Refrentado
<b>Método:</b>	Actual	<b>Técnica:</b>	Lecturas regreso a cero
<b>Analista:</b>	Analista de Métodos	<b>Fecha:</b>	30 de abril del 2007

Ciclo			1	2	3	4	5	6	7	8	9	Totales	No. de Obs	T. Prom	Calificación	T. Normal	% Suplem	T. Std	
			Elemento	No.	Nombre	Tiempo													
1		Colocar pieza y apretar sujetador	T. Cronom																
			ΔT	1.50	1.57	1.61	1.42	1.52	1.48	1.41	1.38	1.43	13.32	9	1.48	0.9	1.33	18	1.57
2		Colocar buril	T. Cronom																
			ΔT	1.00	0.98	1.05	0.88	0.79	1.14	1.07	0.59	1.10	5.84	9	0.65	0.9	0.58	18	0.69
3		Encender máquina herramienta	T. Cronom																
			ΔT	0.50	0.47	0.42	0.52	0.53	0.63	0.51	0.39	0.43	4.40	9	0.49	0.9	0.44	18	0.52
4		Mover el contrapunto	T. Cronom																
			ΔT	2.01	2.00	1.88	2.03	1.76	1.82	1.85	2.10	2.08	17.53	9	1.95	0.9	1.75	18	2.07
5		Refrentar pieza	T. Cronom																
			ΔT	11.02	10.04	10.33	11.51	9.38	9.07	8.96	10.09	11.69	92.09	9	10.23	0.9	9.21	18	10.87
6		Apagar máquina herramienta	T. Cronom																
			ΔT	0.47	0.44	0.53	0.55	0.61	0.45	0.44	0.35	0.48	4.32	9	0.48	0.9	0.43	18	0.51
7		Regresar el contrapunto	T. Cronom																
			ΔT	1.51	1.62	1.63	1.45	1.51	1.37	1.59	1.63	1.60	13.91	9	1.55	0.9	1.39	18	1.64
8		Aflojar sujetador y sacar la pieza	T. Cronom																
			ΔT	2.01	2.03	1.88	2.13	1.78	2.10	2.07	1.84	2.13	17.97	9	2.00	0.9	1.80	18	2.12
			T. Cronom																
			ΔT																
			T. Cronom																
			ΔT																
			T. Cronom																
			ΔT																
<b>Observaciones</b>																			



### **Ejemplo de Aplicación No. 3**

La carpintería EL ASERRÍN ha realizado un estudio para calcular el tiempo estándar de la operación de corte de una tabla de madera con sierra circular con la finalidad de determinar el índice del trabajo que puede llevarse a cabo diariamente. El trabajo de corte se compone de los elementos siguientes:

Colocar tabla de madera en la mesa y ajustar a la medida con la guía graduada.

Sujetar la tabla a la mesa con la prensa.

Encender la sierra circular.

Cortar tabla e inspeccionar el corte.

Apagar la sierra circular.

Aflojar prensa.

Retirar tablas cortadas de la mesa.

Para el cálculo del tiempo estándar se utilizan los datos siguientes:

Calificación del operario: 95%

Demoras personales: 4%

Irregularidades de los materiales: 7%

Fatiga: 8%

Se realizaron 8 ciclos de lectura utilizando el método continuo, los datos registrados se muestran en la tabla siguiente:

## FORMATO PARA ESTUDIO DE TIEMPOS

Pág No. 1 de 1

<b>Empresa:</b>	El Aserrín		
<b>Proceso:</b>	Fabricación de repisa	<b>Operación:</b>	Corte
<b>Método:</b>	Actual	<b>Técnica:</b>	Lecturas Continuas
<b>Analista:</b>	Analista de Métodos	<b>Fecha:</b>	30 de abril del 2007

Ciclo Elemento			1	2	3	4	5	6	7	8	9	Totales	No. de Obs	T. Prom	Calificación	T. Normal	% Suplem	T. Std
			No.	Nombre	Tiempo													
1	Colocar tabla y ajustar	T. Cronom	0.40	5.23	10.22	15.25	19.91	24.59	29.46	33.99								
		ΔT	0.40	0.53	0.41	0.62	0.56	0.44	0.38	0.59		3.93	8	0.49	0.95	0.47	19	0.56
2	Sujetar tabla con prensa	T. Cronom	1.30	6.24	11.08	16.10	20.73	25.65	30.24	34.88								
		ΔT	0.90	1.01	0.86	0.85	0.82	1.06	0.78	0.89		7.17	8	0.90	0.95	0.85	19	1.01
3	Encender sierra circular	T. Cronom	1.50	6.46	11.29	16.27	21.04	25.89	30.45	35.22								
		ΔT	0.20	0.22	0.21	0.17	0.31	0.24	0.21	0.34		1.90	8	0.24	0.95	0.23	19	0.27
4	Cortar tabla e inspeccionar corte	T. Cronom	3.50	8.47	13.38	18.15	22.95	27.81	32.31	37.26								
		ΔT	2.00	2.01	2.09	1.88	1.91	1.92	1.86	2.04		15.71	8	1.96	0.95	1.87	19	2.22
5	Apagar la sierra circular	T. Cronom	3.70	8.78	13.60	18.32	23.13	27.96	32.58	37.52								
		ΔT	0.20	0.31	0.22	0.17	0.18	0.15	0.27	0.26		1.76	8	0.22	0.95	0.21	19	0.25
6	Aflojar prensa	T. Cronom	4.50	9.60	14.47	19.10	23.97	28.87	33.29	38.28								
		ΔT	0.80	0.82	0.87	0.78	0.84	0.91	0.71	0.76		6.49	8	0.81	0.95	0.77	19	0.92
7	Retirar tablas cortadas	T. Cronom	4.70	9.81	14.63	19.35	24.15	29.08	33.40	38.50								
		ΔT	0.20	0.21	0.16	0.25	0.18	0.21	0.11	0.22		1.54	8	0.19	0.95	0.18	19	0.22
		T. Cronom																
		ΔT																
		T. Cronom																
		ΔT																
		T. Cronom																
		ΔT																

Observaciones	
---------------	--

### **3.6. Tiempos predeterminados: Método de medición de tiempo MTM 1**

#### **3.6.1. Objetivos de la práctica**

- Proporcionar al estudiante una herramienta que le permita calcular el tiempo estándar de las actividades nuevas o de las actuales.
- Mostrar al estudiante las diversas áreas dentro de las cuales se ve reflejada la funcionalidad de los tiempos predeterminados.
- Dar a conocer al estudiante la descripción de cada uno de los movimientos del sistema MTM – 1.

#### **3.6.2. Marco teórico**

Los tiempos predeterminados son valores de tiempo que han sido asignados a los movimientos básicos, estos han sido obtenidos de varios estudios individuales y surgieron como una idea para normalizar los datos.

Debido a sus características estos movimientos básicos pueden ser agrupados hasta formar operaciones completas permitiendo así la medición del tiempo sin necesidad del uso de un cronómetro.

Los tiempos predeterminados presentan algunas ventajas dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- 1) Reducen el error que se comete al medir el trabajo, debido a que evitan al analista la cronometración del trabajo.
- 2) Son muy precisos debido a que fueron obtenidos a través de varios estudios por lo que se aproximan al valor total de la operación.

- 3) Disminuyen el trabajo de oficina ya que desechan el problema de la valoración del factor de calificación puesto que son datos tabulados.

### **3.6.2.1. Sistema MTM (Motion time measurement)**

Los autores definen el sistema MTM como “un procedimiento que analiza un método o una operación manual en los movimientos básicos requeridos para su realización, y asigna a cada movimiento un estándar de tiempo predeterminado que se evalúa por la naturaleza del movimiento y las condiciones en las que se lleva a cabo”.

La ley en la que se basa el uso de los movimientos, sus secuencias y combinaciones, se llama *principio de la reducción de movimientos*.

En resumen se puede decir que el sistema MTM se utiliza para medir el trabajo en donde los métodos se subdividen en movimientos básicos, a los que se les asignan valores determinados previamente.

Un movimiento básico es conocido como una unidad básica de trabajo y consiste en cualquier movimiento del cuerpo o de los miembros del cuerpo humano utilizado en un sistema de análisis de movimiento.

La unidad de tiempo que maneja el MTM – 1 es TMU (time measurement unit), y esta es equivalente a:

1 TMU = 0.00001 horas

1 TMU = 0.0006 minutos

1 TMU = 0.036 segundos

Los elementos utilizados por el sistema MTM son los siguientes:

- 1) Sistema de clasificación de los movimientos básicos.
- 2) Símbolos para identificar los movimientos básicos.
- 3) Valores de tiempos predeterminados de los movimientos básicos.

### **3.6.2.2. Procedimiento para el uso de los MTM**

El procedimiento para la utilización de los tiempos predeterminados puede realizarse de la manera siguiente:

- 1) Describir los movimientos básicos que se utilizan para llevar a cabo la operación en estudio.
- 2) Partiendo de la tabla de MTM determinar los valores de tiempos dados para cada uno de los movimientos y sumarlos.
- 3) Conceder los suplementos.

La sumatoria de cada uno de los elementos que conforman la operación en estudio, proporciona el tiempo básico y este representa el análisis MTM.

Los 18 micromovimientos denominados therbligs, se sustituyen en este sistema por 8 movimientos básicos que son los siguientes:

Alcanzar, Mover, Girar, Aplicar presión, Coger, Posicionar, Soltar, Desmontar.

### 3.6.2.3. Movimientos del MTM – 1

#### *Alcanzar - R*

Es el movimiento básico realizado con la finalidad de llevar la mano o los dedos a un lugar en general.

#### *Mover - M*

Es el movimiento básico empleado cuando la finalidad predominante es transportar un objeto a un destino o a un lugar.

#### *Girar - T*

Es el movimiento manual básico realizado al hacer girar la mano vacía o llena sobre el eje longitudinal del antebrazo, cuando el girar es realizado con la mano vacía es frecuentemente llamado *alcanzar-girar*, mientras que un girar con la mano cargada es llamado *mover-girar*.

#### *Aplicar Presión - AP*

Consiste en aplicación de la fuerza muscular para vencer la resistencia de un objeto, acompañado por poco o ningún movimiento, este se caracteriza por:

- Una pausa corta con titubeo.
- La tensión muscular del operador.

- Exprimir o jalar con la mano.

#### *Coger - G*

Es el movimiento manual básico de los dedos o la mano, realizado con la finalidad de asegurar el control de un objeto. Si el control se logra con algún medio mecánico o algún otro miembro del cuerpo, este no se clasifica como coger.

#### *Soltar - RL*

Es el movimiento básico de los dedos o las manos utilizado para dejar el control de un objeto.

#### *Posicionar - P*

Es el movimiento manual básico realizado para llevar un objeto a una relación exacta (alinearse, orientar o encajar), predeterminada con otro objeto.

#### *Desmontar - D*

Es el movimiento manual básico realizado para separar objetos, que se caracteriza por un movimiento involuntario ocasionado por la terminación repentina de la resistencia.

### 3.6.2.4. Tablas de los Movimientos del MTM – 1

**Tabla IV Alcanzar - R**

Distancia alcanzada cm	Tiempo en TMU				Mano en Movimiento		Caso y descripción
	A	B	C o D	E	A	B	
2 ó menos	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	A. Alcanzar a un objeto en situación fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el cual descansa la otra mano
4	3.4	3.4	5.1	3.2	3.0	2.4	
6	4.5	4.5	6.5	4.4	3.9	3.1	
8	5.5	5.5	7.5	5.5	4.6	3.7	B. Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.
10	6.1	6.3	8.4	6.8	4.9	4.3	
12	6.4	7.4	9.1	7.3	5.2	4.8	
14	6.8	8.2	9.7	7.8	5.5	5.4	
16	7.1	8.8	10.3	8.2	5.8	5.9	
18	7.5	9.4	10.8	8.7	6.1	6.5	
20	7.8	10.0	11.4	9.2	6.5	7.1	C. Alcanzar un objeto amontonado con otros en un grupo, de forma que ocurra buscar y seleccionar.
22	8.1	10.5	11.9	9.7	6.8	7.7	
24	8.5	11.1	12.5	10.2	7.1	8.2	
26	8.8	11.7	13.0	10.7	7.4	8.8	
28	9.2	12.2	13.6	11.2	7.7	9.4	
30	9.5	12.8	14.1	11.7	8.0	9.9	
35	10.4	14.2	15.5	12.9	8.8	11.4	D. Alcanzar a un objeto muy pequeño o en donde es necesario coger con mucha precisión.
40	11.3	15.6	16.8	14.1	9.6	12.8	
45	12.1	17.0	18.2	15.3	10.4	14.2	
50	13.0	18.4	19.6	16.5	11.2	15.7	
55	13.9	19.8	20.9	17.8	12.0	17.1	E. Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento, o donde no estorbe
60	14.7	21.2	22.3	19.0	12.8	18.5	
65	15.6	22.6	23.6	20.2	13.5	19.9	
70	16.5	24.1	25.0	21.4	14.3	21.4	
75	17.3	25.5	26.4	22.6	15.1	22.8	
80	18.2	26.9	27.7	23.9	15.9	24.2	
Adicional	0.18	0.28	0.26	0.26			TMU por cm arriba de 80 cm

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 168**



**Tabla V Mover - M**

Distancia movida en cm	Tiempo en TMU				Consección por peso			Caso y descripción	
	A	B	C	Mano en movimiento B	Peso (kg) hasta	Dinámico factor	Estático TMU constante		
2 ó menos	2.0	2.0	2.0	1.7	1	1.00	0	A. Mover el objeto a la otra mano o contra un tope	
4	3.1	4.0	4.5	2.8					
6	4.1	5.0	5.8	3.1	2	1.04	1.6		
8	5.1	5.9	6.9	3.7					
10	6.0	6.8	7.9	4.3	4	1.07	2.8		
12	6.9	7.7	8.8	4.9					
14	7.7	8.5	9.8	5.4	6	1.12	4.3		
16	8.3	9.2	10.5	6.0					
18	9.0	9.8	11.1	6.5	8	1.17	5.8		
20	9.6	10.5	11.7	7.1					
22	10.2	11.2	12.4	7.6	10	1.22	7.3	B. Mover el objeto a una situación aproximada o indefinida	
24	10.8	11.8	13.0	8.2					
26	11.5	12.3	13.7	8.7	12	1.27	8.8		
28	12.1	12.8	14.4	9.3					
30	12.7	13.3	15.1	9.8	14	1.32	10.4		
35	14.3	14.5	16.8	11.2					
40	15.8	15.6	18.5	12.6	16	1.36	11.9		
45	17.4	16.8	20.1	14.0					
50	19.0	18.0	21.8	15.4	18	1.41	13.4		C. Mover el objeto a una situación exacta
55	20.5	19.2	23.5	16.8					
60	22.1	20.4	25.2	18.2	20	1.46	14.9		
65	23.6	21.6	26.9	19.5					
70	25.2	22.8	28.6	20.9	22	1.51	16.4		
75	26.7	24.0	30.3	22.3					
80	28.3	25.2	32.0	23.7					
Adicional	0.32	0.24	0.34		TMU por cm arriba de 80 cm.				

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 169**

**Tabla VI Girar - T**

<i>Peso</i>	<i>Tiempo TMU para grados girados</i>										
	<i>30°</i>	<i>45°</i>	<i>60°</i>	<i>75°</i>	<i>90°</i>	<i>105°</i>	<i>120°</i>	<i>135°</i>	<i>150°</i>	<i>165°</i>	<i>180°</i>
Pequeño S - 0 a 1 kg	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4
Mediano M - 1.1 a 5 kg	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.0	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8
Grande L - 5.1 a 16 kg	8.4	10.5	12.3	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	28.2

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 170**

**Tabla VII Aplicar Presión – AP**

<i>Ciclo completo</i>			<i>Componentes</i>		
<i>Simbolo</i>	<i>TMU</i>	<i>Descripción</i>	<i>Simbolo</i>	<i>TMU</i>	<i>Descripción</i>
APA	10.6	AF + DM + RLF	AF	34	Aplicar fuerza
APB	16.2	APA + G2	DM	42	Mantener fuerza mínima
			RLF	30	Soltar fuerza

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 170**

**Tabla VIII Cogrer – G**

<i>Tipo de cogrer</i>	<i>Caso</i>	<i>Tiempo TMU</i>	<i>Descripción</i>	
Levantado	1A	2.0	Objeto de cualquier tamaño sólo que se puede cogrer fácilmente	
	1B	3.5	Objeto de cualquier tamaño sólo que se puede cogrer fácilmente	
	1C1	7.3	Diámetro mayor a 12 mm	Interferencia con el cogrer en el fondo y a un lado de un objeto casi cilíndrico
	1C2	8.7	Diámetro entre 6 y 12 mm	
	1C3	10.8	Diámetro menor de 6 mm	
Volver a cogrer	2	5.6	Cambiar la forma de cogrer un objeto sin perder el control	
Transferencia	3	5.6	Transferir el control de una mano a otra	
Selección	4A	7.3	Mayor de 25 * 25 * 25 mm	Objeto amontonado con otros de forma que ocurra buscar y seleccionar
	4B	9.1	Entre 6 * 6 * 3 mm y 25 * 25 * 25 mm	
	4C	12.9	Menor de 6 * 6 * 3 mm	
Contacto	5	0	Cogrer de contacto de deslizamiento o de gancho	

<i>Peso neto efectivo</i>			
<i>Peso neto efectivo (ENW)</i>	<i>Num. de manos</i>	<i>Espacial</i>	<i>Deslizando</i>
	1	W	W * Fc
	2	W/2	W/2 * Fc
W = Peso en kg			
Fc = Coeficiente de fricción			

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 171**

**Tabla IX Soltar - RL**

Caso	Tiempo TMU	Descripción
1	2.0	Soltar normal, ejecutado al separar los dedos como movimiento independiente
2	0	Cesar el contacto

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 172**

**Tabla X Posicionar - P**

<i>Clase de ajuste</i>		<i>Símbolo</i>	<i>Manejo fácil E</i>	<i>Manejo difícil E</i>
1. Flojo	No se requiere presión	S	5.6	11.2
		SS	9.1	14.7
		NS	10.4	16
2. Aproximado	Se requiere ligera presión	S	16.2	21.8
		SS	19.7	25.3
		NS	21.0	26.6
3. Exacto	Se requiere presión fuerte	S	43.0	48.6
		SS	46.5	52.1
		NS	47.8	53.4
Regla suplementaria para alineaciones de superficie				
P2SE por alineación > 1.5 mm ≤ 6 mm		P2SE por alineación ≤ 1.5 mm		

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 172**

**Tabla XI Desmontar – D**

<i>Clase de ajuste</i>	<i>Longitud del retroceso</i>	<i>Manejo fácil E</i>	<i>Manejo fácil D</i>
1. Suelto. Esfuerzo muy pequeño, se une al movimiento siguiente	Hasta 2.5 cm	4	5.7
2. Flojo. Esfuerzo normal, retroceso ligero	Más de 2.5 cm hasta 12.5 cm	7.5	11.8
3. Duro. Esfuerzo considerable, la mano tiene marcado retroceso	Más de 12.5 cm hasta 30.5 cm	22.9	34.7
SUPLEMENTARIO			
<i>Clase de ajuste</i>	<i>Cuidado con el manejo</i>	<i>Atorones</i>	
1. Suelto	Conceder clase 2	-	
2. Flojo	Conceder clase 3	Un G2 por cada atorón	
3. Duro	Cambiar método	Un APB por cada atorón	

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 173**

### 3.6.3. Marco práctico

#### Ejemplo de Aplicación No. 1

Encuentre los TMU para las siguientes actividades

<i>Descripción</i>	<i>Código</i>	<i>Tiempo (TMU)</i>
1. Alcanzar una pieza que se encuentra sobre una mesa a una distancia de 20 cm	R20A	7.8
2. Mover a un lugar exacto una pieza una distancia de 30 cm, el peso de la pieza es de 4 kg	M30C4	15.1+2.8 = 17.9
3. Coger una pieza de 30*40*40 mm seleccionándola y buscándola entre otras	G4A	7.3
4. Colocar una lámpara en posición adecuada	P2NSE	21.0
5. Soltar una pieza separando los dedos con movimientos independientes	RL1	2.0

#### Ejemplo de Aplicación No. 2

Calcule con el uso de los tiempos predeterminados el tiempo empleado para la siguiente actividad.

Alcanzar un bolígrafo en un estuche a 20 cm, cogerlo y transferirlo a un portabolígrafos a una distancia de 24 cm

<i>Descripción</i>	<i>Código</i>	<i>Tiempo (TMU)</i>
1. Alcanzar	R20C	11.4
2. Coger	G4A	7.3
3. Desmontar	D1E	4.0
4. Mover a portabolígrafos	M24C	13.0
5. Posicionar en portabolígrafos	P1SE	5.6
6. Soltar	RL1	2.0

Los TMU que lleva la realización de ésta operación son de 43.3. Al convertir los TMU a la unidad de tiempo solicitada se obtiene el resultado siguiente.

$$T = 43.3 (0.036 \text{ seg}) = 1.5588 \text{ seg}$$

### **Conclusión.**

La actividad descrita en el enunciado del problema toma un tiempo de 1.5588 seg en realizarse.

## **3.7. Balance de Líneas de Producción**

### **3.7.1. Objetivos de la práctica**

- Desarrollar en el estudiante la capacidad de determinar el número de estaciones de trabajo necesarias para equilibrar una línea de producción.
- Que el estudiante tenga la capacidad de establecer el número de operarios necesarios para que una línea de producción alcance la demanda solicitada con la mayor eficiencia posible.
- Distinguir los distintos tipos de balanceo de líneas que existen.

### **3.7.2. Marco teórico**

El balance de líneas es una herramienta que se utiliza para equilibrar una línea de producción, siempre que el proceso sea de producción en serie. El balance de líneas busca la asignación adecuada del trabajo a las estaciones de trabajo que integran una línea, encontrando de esta manera estaciones de trabajo con cargas equivalentes.

El balance de líneas se utiliza para analizar un proceso en el cual varios operarios realizando actividades consecutivas trabajan como una unidad, para así, poder evitar la aparición de un “cuello de botella”, que retrase el proceso de producción en serie. La tasa de producción se presenta en función del operario más lento, ya que es este quien marca la velocidad de la línea, y esto servirá para definir si se puede cumplir o no con la solicitud de un trabajo específica en un tiempo determinado.

La línea que alcanza la tasa de producción deseada con el menor número de operarios y el menor tiempo de ciclo es considerada la más eficiente.

Los balances de línea pueden realizarse por tres métodos distintos:

- Balanceo de una línea completa.
- Balanceo de una línea por medio de diagramas de precedencia y estaciones de trabajo.
- Balanceo de una línea por medio de estaciones de trabajo.

### **3.7.3. Marco práctico**

#### **Ejemplo de Aplicación No. 1**

Cierta compañía se dedica a la confección de prendas de vestir y requiere un balanceo de en una de sus diferentes líneas de productos. La compañía durante el presente mes tiene una demanda de 2,000 unidades diarias en uno de sus productos. La compañía labora en una jornada diurna con una eficiencia del 95 %.



Los valores de los tiempos estándar para cada una de las operaciones son los siguientes:

Operación	Tiempo estándar (minutos/prenda)
1	2.10
2	1.80
3	2.90
4	1.40
5	0.80
6	1.50
7	2.00
Total	12.50

## Formulario

Tasa de Producción (TP)	$\frac{\text{Unidades a producir}}{\text{Tiempo disponible de un operario}}$
Número total de operarios (Not)	$\frac{\Sigma \text{Tiempo estándar (TE)} * \text{Tasa de producción}}{\text{Eficiencia planeada (E)}}$
Número de operarios por operación (No) =	$\frac{\text{Tiempo estándar (TE)} * \text{Tasa de producción (TP)}}{\text{Eficiencia planeada}}$
Tiempo Asignado (TA)	$\frac{\text{Tiempo estándar (TE)}}{\text{Número de operarios por operación (No)}}$
Eficiencia (E)	$\frac{\Sigma \text{Tiempo estándar}}{\text{Tiempo asignado (operación más lenta)} * (\text{Número total de operarios (Not)})}$
Unidades a producir	$\frac{\text{No. de operarios} * \text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo asignado (TA)}}$

*Nota: Para el cálculo de las Unidades a producir, se utiliza el número de operarios de la estación cuyo tiempo asignado es el más lento*

## Solución

*Cálculo de la tasa de producción*

La jornada diurna consta 8 horas es decir 480 minutos

$$TP = \frac{2\ 000 \text{ prendas}}{480 \text{ minutos}} = 4.167 \text{ prendas / minuto}$$

*Cálculo del número total de operarios de la línea de producción*

$$N_{ot} = \frac{(12.50 \text{ min/prenda}) * (4.167 \text{ prendas/min})}{0.95} = 55 \text{ operarios}$$

*Cálculo del número teórico de operarios por operación*

Iteración para la operación 1

$$N_{o} = \frac{(2.10 \text{ min/prenda}) * (4.167 \text{ prendas/min})}{0.95} = 9.21 \text{ operarios} = 9 \text{ operarios}$$

Operación	No. Teórico de operarios	No. Real de operarios
1	9.21	9
2	7.90	8
3	12.72	13
4	6.14	6
5	3.51	3
6	6.58	7
7	8.77	9

*Cálculo del tiempo asignado para determinar cual es la operación más lenta*

Iteración para la operación 1

$$TA_1 = \frac{(2.10 \text{ min/prenda}) * \text{operario}}{9 \text{ operarios}} = 0.23 \text{ min/prenda}$$

Operación	Tiempo Asignado (min / prenda)
1	0.23
2	0.23
3	0.23
4	0.23
5	0.27
6	0.23
7	0.23

### *Cálculo del número de prendas por día*

$$\text{Prendas por día} = \frac{(3 \text{ operarios}) * (480 \text{ min/día})}{(0.27 \text{ min/prenda}) * \text{operario}} = 5\,333 \text{ prendas/día}$$

### *Cálculo de la eficiencia*

$$E = \frac{(12.50 \text{ min/prenda}) * \text{operario}}{(0.27 \text{ minuto/prenda}) * 55 \text{ operarios}} * 100 = 84.18 \%$$

### **Conclusión.**

La compañía con base a los datos proporcionados puede producir 5 333 prendas por día con una eficiencia del 84.18 %, sería recomendable realizar el ejercicio con un número menor de operarios con la finalidad de determinar si con este número se puede producir con una mayor eficiencia.

### **Ejemplo de Aplicación No. 2**

Una empresa se dedica al ensamble máquinas industriales. La producción diaria de uno de sus productos es de 40 unidades diarias con una eficiencia del 90%. La empresa requiere de sus servicios para determinar las estaciones de trabajo necesarias para la línea de producción. La empresa trabaja en una jornada diurna de 8 horas.

La secuencia para la elaboración de la máquina es la siguiente:

Operación	Descripción	Tiempo (min)	Precedencia
1	Tarea A	0.50	
2	Tarea B	0.73	1
3	Tarea C	2.86	1
4	Tarea D	3.31	3
5	Tarea E	0.90	2
6	Tarea F	3.60	5,4
7	Tarea G	4.10	6

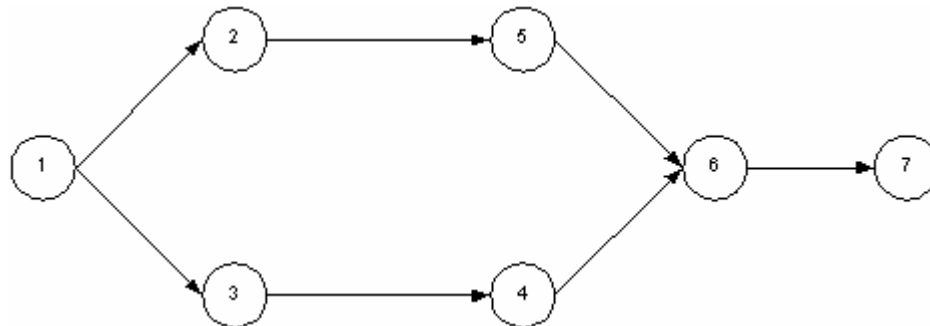
### Formulario

Tiempo de ciclo	$\frac{\text{Tiempo disponible de un operador} * \text{Eficiencia}}{\text{Producción diaria}}$
Unidades por día	$\frac{\text{Tiempo disponible} * \text{Eficiencia}}{\text{Tiempo acumulado (estación más lenta)}}$

*Peso Posicional:* Sumatoria de la unidad misma y todas las unidades procedentes

### Solución

*Elaborar el diagrama de precedencia*



### Encontrar el peso posicional

Operación	Operación y operaciones precedentes	Sumatoria	Peso Posicional
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	0.50+0.73+2.86+3.31+0.90+3.60+4.10	16.00
2	2, 5, 6, 7	0.73+0.90+3.60+4.10	9.33
3	3, 4, 6, 7	2.86+3.31+3.60+4.10	13.87
4	4, 6, 7	3.31+3.60+4.10	11.01
5	5, 6, 7	0.90+3.60+4.10	8.60
6	6, 7	3.60+4.10	7.70
7	7	4.10	4.10

### Ordenar las operaciones en forma decreciente en base a su peso posicional

Operación	Peso Posicional	Tiempo
1	16.00	0.50
3	13.87	2.86
4	11.01	3.31
2	9.33	0.73
5	8.60	0.90
6	7.70	3.60
7	4.10	4.10

*Calcular el tiempo de ciclo*

Tiempo de ciclo

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{8 \text{ hrs} * 090}{40 \text{ unidades}} = 0.18 \text{ hrs/unid}$$

$$0.18 \text{ hrs/unid} = 10.8 \text{ min/unid}$$

ESTACIÓN 1

Operación	Tiempo	Acumulado
1	0.50	0.50
3	2.86	3.36
4	3.31	6.67
2	0.73	7.40
5	0.90	8.30

ESTACIÓN 2

Operación	Tiempo	Acumulado
6	3.60	3.60
7	4.10	7.70

*Calcular el número de unidades a producir por día*

$$\text{Unidades por día} = \frac{8 \text{ hrs} * 60 \text{ min/hr} * 0.90}{8.30 \text{ min}} = 52.05 \text{ unidades por día}$$

*Nota: Para el cálculo del número de unidades por día se utiliza el tiempo total acumulado de la estación de trabajo más lenta.*

**Conclusión.**

La empresa con base a los datos proporcionados puede producir 52 unidades al día con una eficiencia del 90 % y para esto se requiere de 2 estaciones de trabajo.

## 3.8. Muestreo de trabajo

### 3.8.1. Objetivos de la práctica

- Desarrollar en el estudiante de Ingeniería Industrial la capacidad de determinar las proporciones de tiempo invertido en las distintas actividades que componen una tarea.
- Que el estudiante aprenda obtener los resultados de un estudio de tiempos de forma más rápida y con menor costo.
- Enseñar al estudiante el procedimiento y las herramientas estadísticas que debe utilizar para la realización del muestreo del trabajo.

### 3.8.2. Marco teórico

El *muestreo de trabajo* es una herramienta basada en la estadística que se utiliza para investigar cuál es el rendimiento en el trabajo sin la utilización de un cronómetro. Se utiliza para controlar las proporciones de tiempo invertidas en las actividades que componen una tarea. El *muestreo de trabajo* como se menciona anteriormente, ya que es una técnica basada en la estadística, específicamente en la teoría de la probabilidad y se observan dos estados (actividad y ocio) y el total de estos estados constituye el 100% del tiempo de estudio.

Los estadísticos utilizan la expresión siguiente para mostrar la probabilidad de y ocurrencias de un evento en  $n$  observaciones:

$$(p + q)^n = 1$$

En donde:

p = Probabilidad de una observación en un estado (actividad)

q = Probabilidad de no tener una observación en el estado (actividad)

n = Número de observaciones

La información proporcionada por el *muestreo del trabajo* puede obtenerse mediante los procedimientos normales de estudio de tiempos, pero con frecuencia proporciona la información de una manera más rápida y a menor costo.

El *muestreo de trabajo* requiere que el analista tome un número grande de observaciones en intervalos aleatorios. El cociente entre el número de observaciones en el que el proceso está en actividad y el número de observaciones representa el porcentaje de tiempo en el que el proceso está en actividad. Por ejemplo si realizan 500 observaciones de forma aleatoria en un período estimado de tiempo y se determina que en 300 ocasiones una máquina está en actividad y por diferentes causas en 200 de ellas la máquina no está en actividad, se puede establecer que el tiempo ocioso de la máquina en el día es de  $200/500 = 0.40$ , 40 %.

Es importante que al momento de aplicar esta herramienta el analista sepa vender la idea de forma adecuada, haciendo énfasis en la facilidad con la cual se realiza la operatoria y la confiabilidad de los resultados.

### **3.8.2.1. Procedimiento de Muestreo de Trabajo**

Al momento de iniciar con el *muestreo de trabajo* lo primero que debe hacerse es una planeación detallada de las actividades sobre la cuales se busca información. La información referente a las actividades puede



buscarse en los datos históricos de la compañía o bien se puede recaudar la información mediante la observación directa.

Para el cálculo del número de observaciones requeridas, primero se debe realizar una prueba piloto que consiste en realizar algunas observaciones para con ellas determinar los valores de “p” y “q” para poder utilizar la fórmula siguiente:

$$N = (k/s)^2 (1 - p) / p$$

en donde:

N = Número de observaciones

p = Probabilidad de estar en estado de “actividad”

K/s = Factor confianza – precisión

K = Valor crítico en la tabla de distribución

s = Complemento del nivel de confianza, por ejemplo para un nivel de confianza de 95% (s = 1 – 0.95 = 0.05)

A cada valor certidumbre corresponde un nivel de confianza, siendo los más usuales los siguientes:

**Tabla XII Exactitud – Nivel de Confianza**

Certidumbre	Nivel de Confianza
0.00%	0
38.29	0.50
50	0.67
68.27	1.00
75	1.15
86.64	1.50
95.45	2.00
98.76	2.50
99.73	3.00
99.95	3.50
99.994	4.00
99.9993	4.50
99.99994	5.00
100	$\infty$

**Fuente: García Criollo, Roberto. Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Referencia página 79**

La frecuencia con la que se realicen las observaciones depende en gran parte del número de observaciones requeridas, el período de tiempo que se tiene para estudiar los datos. Además de lo anterior también influye el personal con el que se cuenta para realizar el análisis y el tipo de trabajo que se realice.

Con el número de observaciones que debe realizarse diariamente, se debe proceder a seleccionar el tiempo real para realizar las observaciones, estas observaciones deben realizarse de forma aleatoria.

Para el registro de los datos, el analista debe colocarse en una posición estratégica a manera de no interferir las actividades del operario y observar correctamente lo que está sucediendo, es indispensable que el analista sea objetivo al momento de registrar los datos, ya que es importante anotar lo que exactamente está sucediendo al momento de presentarse al área de de trabajo y no registrar lo que acaba de suceder o está por suceder. Si cuando el analista se presenta a la estación de trabajo el operario está inactivo se debe anotar porque razón se presenta esta situación y se debe confirmar la misma con el supervisor.

### 3.8.3. Marco práctico

#### Ejemplo de Aplicación No. 1

Utilizando la técnica de Muestreo de Trabajo determine ¿Cuál es la precisión requerida para un estudio en el cual se realizaron 2109 observaciones, y un estado ocurrió 281 veces con un nivel de confianza del 99.73%?

$$N = (k/s)^2 (1 - p) / p$$

Despejando  $s$  de la fórmula para el cálculo del número de observaciones se obtiene:

$$s = \sqrt{\frac{k^2 (1 - p)}{Np}}$$

$$s = \sqrt{\frac{3^2 (1 - 0.40)}{(2109)(0.40)}} = 0.08$$

## **Conclusión.**

La precisión requerida para realizar un estudio con los datos proporcionados es de 8%.

## **Ejemplo de Aplicación No. 2**

En una estación de trabajo con 1 operario se pueden presentar 2 estados dentro del trabajo

Estado 1 = Estado productivo

Estado 2 = Estado improductivo (El estado improductivo puede presentarse por preparación y mantenimiento de equipo, tolerancias personales, consultas al supervisor, preparación de herramientas, etc.)

El estudio debe realizarse con una confianza del 95.45% y con una tolerancia del 5%. En la prueba piloto se determinó que la probabilidad de que se encuentre en estado de actividad es de 0.52.

Luego de establecer durante la planificación cual es la actividad que se quiere analizar, conocer quien la realiza y los estados a registrar se debe proceder a determinar el número de observaciones necesarias para realizar el muestreo del trabajo.

Para calcular el número de observaciones se debe proceder de la forma siguiente:

$$N = (2/0.05)^2 (1 - 0.52) / 0.52 = 1477$$

El número de observaciones que se deben realizar para el desarrollo del estudio son 1477, para efectos del desarrollo del ejemplo se utilizará el 5% de esta cantidad, es decir, 74 observaciones.

El tiempo para llevar a cabo el estudio es de 3 días. La jornada de trabajo es la siguiente:

Entrada: 8:00 AM

Salida a almuerzo: 12:00 AM

Entrada de almuerzo: 1:00 PM

Salida: 5:00 PM

Una vez se cuenta con la información correspondiente al número de observaciones que hay que realizar, el período de tiempo dentro del cual se deben desarrollar las observaciones y el horario de trabajo, se deben determinar las observaciones diarias que deben realizarse, para ello se debe obtener el cociente entre el número de observaciones y el tiempo disponible para registrar la información, en este caso sería:

$$74 \text{ observaciones} / 24 \text{ horas} = 3 \text{ observaciones} / \text{hora}$$

Aproximadamente se deben realizar 3 observaciones por hora. Para determinar el momento en el cual se deben realizar las observaciones, se pueden utilizar números aleatorios, programas de muestreo de trabajo o equipo especial.

Para el registro de la información se debe elaborar un formato que facilite el registro y análisis de la información. En los formatos siguientes cada una de las x representa la observación de un estado realizada a una hora determinada.

### Datos Aleatorios del Muestreo de Trabajo

<b>Estudio del Muestreo del Trabajo</b>			
<b>Nombre del Área:</b>		Producción	
<b>Fecha:</b>		02 de febrero de 2007	
<b>Analista:</b>			
No. Obs.	Tiempo aleatorio	Estado productivo	Estado improductivo
1	8:23		x
2	8:37	x	
3	8:51	x	
4	9:12	x	
5	9:26		x
6	9:47		x
7	10:09	x	
8	10:24		x
9	10:47	x	
10	11:21	x	
11	11:41		x
12	11:58	x	
13	13:13	x	
14	13:24	x	
15	13:49	x	
16	14:09		x
17	14:37		x
18	14:50	x	
19	15:12		x
20	15:32		x
21	15:44	x	
22	16:05	x	
23	16:22		x
24	16:54	x	
25			
<b>Total</b>		14	10

### Datos Aleatorios del Muestreo de Trabajo

<b>Estudio del Muestreo del Trabajo</b>			
<b>Nombre del Área:</b>		Producción	
<b>Fecha:</b>		03 de febrero de 2007	
<b>Analista:</b>			
No. Obs.	Tiempo aleatorio	Estado productivo	Estado improductivo
1	8:22		x
2	8:41	x	
3	8:54	x	
4	9:08	x	
5	9:26		x
6	9:48	x	
7	10:13		x
8	10:25		x
9	10:48	x	
10	11:16	x	
11	11:41		x
12	11:49		x
13	13:03	x	
14	13:33		x
15	13:59	x	
16	14:11		x
17	14:25	x	
18	14:56		x
19	15:13		x
20	15:30	x	
21	15:47		x
22	16:13	x	
23	16:31	x	
24	16:48		x
25			
<b>Total</b>		12	12

### Datos Aleatorios del Muestreo de Trabajo

<b>Estudio del Muestreo del Trabajo</b>			
<b>Nombre del Área:</b>		Producción	
<b>Fecha:</b>		04 de febrero de 2007	
<b>Analista:</b>			
No. Obs.	Tiempo aleatorio	Estado productivo	Estado improductivo
1	8:08		x
2	8:24		x
3	8:51	x	
4	9:16	x	
5	9:29	x	
6	9:47	x	
7	10:16	x	
8	10:28		x
9	10:53	x	
10	11:10	x	
11	11:34		x
12	11:50		x
13	13:20		x
14	13:41	x	
15	13:55	x	
16	14:12	x	
17	14:24		x
18	14:52		x
19	15:14	x	
20	15:30		x
21	15:58	x	
22	16:11	x	
23	16:43	x	
24	16:55	x	
25			
<b>Total</b>		15	9



De las tablas de *Datos Aleatorios de Muestreo de Trabajo* se determinó que en 72 observaciones el operario se encontró 41 veces en estado de productividad y 31 veces en estado de improductividad, de lo que se deducen los porcentajes siguientes:

$$\% \text{ Estado 1} = 41 / 72 = 0.57 \%$$

$$\% \text{ Estado 2} = 31 / 72 = 0.43 \%$$

### **Conclusión.**

Con los datos obtenidos se demuestra que el trabajador se encuentra el 57.0% del tiempo en estado productivo y el 43.0% en un estado improductivo, por lo que se concluye que los datos se apegan a la prueba piloto.

Es recomendable que se establezcan medidas correctivas para elevar el estado de productividad del empleado, tales como capacitaciones, establecimiento de metas, medidas disciplinarias, etc.

### **3.9. Sistema de Incentivos**

#### **3.9.1. Objetivos de la práctica**

- Que el estudiante conozca la influencia positiva de los sistemas de incentivos en los empleados y el beneficio que estos conllevan en la producción.
- Mostrar al estudiante las condiciones que un sistema de incentivos debe tener para ser eficiente.
- Enseñar a calcular los beneficios obtenidos con la aplicación de algunos planes de incentivos.

#### **3.9.2. Marco teórico**

Los sistemas de incentivos proporcionan un sistema de remuneración acorde a la cantidad o a la calidad del trabajo realizado, por lo cual los empleados se sienten motivados a desempeñarse de la mejor forma posible para alcanzar las metas propuestas. Este sistema es aplicable en las empresas en las cuales se desea obtener el rendimiento esperado del personal de trabajo, ya que se ha determinado que a menos que el personal operativo realice su mejor trabajo, el mejor diseño de una estación de trabajo no da como resultado los objetivos esperados.

Los sistemas de incentivos deben reunir algunas condiciones para ser eficientes, dentro de las más importantes se pueden mencionar la equidad, la sencillez y la eficiencia.

- La equidad se refiere a que los sistemas se deben de implementar con intención de estimular a los operarios, esto, sin forzarlos a esfuerzos

intolerables. Por otra parte, los sistemas deben proporcionar remuneraciones proporcionales a la capacidad de trabajo y de esfuerzo de los operarios.

- La sencillez, se refiere a que la implementación y el funcionamiento del sistema debe ser económico. Además al idearse un sistema sencillo este podrá ser aprobado de forma más fácil por los empleados, el sindicato, en caso de existir, y la administración misma.
- La eficiencia, se refiere al cálculo adecuado del tiempo estándar de trabajo, a un correcto sistema de divulgación del sistema, a un fácil cálculo del rendimiento del día a día y a un compromiso sólido de realizar los pagos en las fechas correspondientes.

Un sistema de incentivos debe ser supervisado de manera adecuada ya que no se puede mantener solo. Para un correcto mantenimiento debe realizarse una divulgación adecuada del sistema para que de esta forma todos los empleados conozcan su funcionamiento y los cambios que puedan surgir. Una forma de divulgar la información entre los empleados puede ser la distribución de *manuales de instrucciones* que incluyan las distintas clases de tareas, los tiempos estándares, las formas de medición cualitativa y cuantitativa y la canalización de reclamos. Es importante además incluir la participación de los empleados dentro del sistema para que exista una armonía entre las necesidades de la parte operativa y las necesidades de la parte administrativa.

Dentro del plan del sistema se debe incluir la verificación diaria del desempeño de los operarios, para de esta forma poder determinar las causas en las variaciones. Por otra parte es importante también dentro del seguimiento del sistema revisar periódicamente los estándares para asegurar su validez, ya que estos deben adecuarse a los cambios en el trabajo.

Es importante además generar informes de desempeño para determinar las áreas que requieren de atención, y las áreas en la cuales el plan se está realizando de manera adecuada.

Entre algunos de los sistemas de incentivos se encuentran los siguientes:

### **Improshare**

Por sus siglas en inglés el sistema “mejor productividad al compartir” tiene como meta la producción de un mayor número de unidades con menos horas de trabajo directo e indirecto. Este sistema a diferencia de otros, no enfatiza la participación de los empleados, sino que mide desempeño de los trabajadores y los estimula a mejorar su productividad.

Este sistema realiza una comparación entre las horas trabajo ahorradas para la producción de un número determinado de unidades contra las horas requeridas para la fabricación de ese mismo número de unidades durante un período base. Los ahorros obtenidos de esta comparación son compartidos entre la compañía y los empleados involucrados en el proceso de producción. Para el cálculo del estándar de horas-trabajo se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{Estándar de horas-trabajo} = \frac{\text{horas-trabajo de la producción total}}{\text{unidades producidas}}$$

### **Plan de horas estándar**

Este plan es el más popular en la actualidad. Este plan compensa a los trabajadores de manera proporcional a su producción. Dentro de sus principales ventajas se puede decir que este plan reduce el trabajo en oficina y

por otra parte, el término “hora estándar” agrada más a los trabajadores que el término “pieza trabajada”.

Una variación de este plan es aquella en la cual los incentivos se proporcionan individualmente a los trabajadores en base a la producción grupal, dando origen así a un plan de incentivos de grupo. Esta modalidad facilita el establecimiento de un plan de incentivos en aquellos trabajos en los que el desempeño individual no puede ser medido fácilmente y por otra parte reduce la competencia entre los empleados y promueve el trabajo en equipo.

### **3.9.3. Marco práctico**

#### **Ejemplo de Aplicación No. 1**

IMPROSHARE

Una compañía de manufactura que cuenta con 75 empleados produce 35 000 unidades de un producto en un tiempo de 125 000 horas.

Calcular cual sería el bono adicional, si durante una semana la misma cantidad de empleados produce 850 unidades en un periodo de 1900 horas.

*Solución*

Cálculo de la hora-trabajo estándar

$$\frac{125\ 000}{35\ 000} = 3.571 \text{ h/unidad}$$

El valor de la producción en base a los datos proporcionados es de  $850 * 3.571 = 3\,035.35$  horas. Por lo que la ganancia sería de  $3\,035.35 - 1\,900 = 1\,135.35$  horas.

Lo más común es repartir la mitad de esta cantidad entre los empleados es decir  $567.675$  horas. Por lo tanto el bono adicional a pagar a los empleados es de  $567.675/1900 = 0.2988 = 29.88\%$ .

### **Ejemplo de Aplicación No. 2**

#### **PLAN DE HORAS ESTÁNDAR**

Un operario tiene una tasa base de Q 70.00, el estándar en con el cual se realiza la producción es de 0.03651 horas por unidad. Calcular la eficiencia del operario y el salario por hora si en un día produce 253 unidades.

#### *Solución*

El estándar de producción diaria es de  $8 \text{ horas} / 0.03651 \text{ horas por unidad} = 219$  unidades en 8 horas.

El salario por pieza es de  $70.00 * 0.03651 = Q\,2.56$

Ya que el operario produce 253 unidades en una jornada de 8 horas, su salario sería de  $253 * 2.56 = Q\,647.68$  al día

La eficiencia del operario es de  $253 / 219 = 115 \%$



## 4. EVALUACIÓN DE LABORATORIO

### 4.1. Evaluación de Laboratorio

Los objetivos del Laboratorio del curso de Ingeniería de Métodos, se evaluarán dentro de la escala de ponderación asignada al laboratorio en el semestre en curso, la ponderación global del laboratorio se encontrará desglosada de la siguiente forma:

- Exámenes cortos.
- Prácticas de laboratorio.
- Examen final.
- Proyecto de laboratorio.
- Otras actividades que el catedrático auxiliar de laboratorio considere pertinentes.

La nota de aprobación del curso dependerá de las normas y reglamentos estipulados para el semestre en curso.

#### **Exámenes cortos**

En los exámenes cortos, el catedrático auxiliar deberá evaluar el conocimiento teórico de la práctica desarrollada por los estudiantes, así como también la habilidad desarrollada por el mismo, para la aplicación de las herramientas aprendidas en la resolución de los problemas planteados.

Estos exámenes se deberán realizar semanalmente al inicio de la práctica de laboratorio.



## **Prácticas de laboratorio**

La elaboración de las prácticas de laboratorio se deben desarrollar de forma grupal, salvo las excepciones propuestas por el catedrático auxiliar, para la calificación de las mismas, el catedrático auxiliar debe planificar el porcentaje que cada una de las partes que conforman el informe de laboratorio aportará a la nota de calificación, así como también los plazos de entrega de los mismos.

El catedrático auxiliar debe leer la teoría tomando en cuenta para ello, la profundidad del marco teórico desarrollado, el trabajo de redacción, el formato, así como también deberá verificar que el trabajo no haya sido copiado de otro grupo.

En lo referente al marco práctico, deberá evaluar el uso de las herramientas aprendidas, en el desarrollo de la práctica, poniendo especial atención en las conclusiones y recomendaciones alcanzadas por el grupo.

## **Examen final**

El examen final se realizará en la última práctica del laboratorio y deberá evaluar el contenido global del laboratorio, es decir, el catedrático auxiliar deberá tener en cuenta para el desarrollo del mismo todos los temas estudiados en el laboratorio del curso durante el semestre. Este examen deberá contener una parte teórica que evalúe el conocimiento de los conceptos estudiados y una parte práctica que evalúe la habilidad del estudiante para aplicar las herramientas aprendidas en la resolución de los problemas y casos propuestos.

### **Proyecto de laboratorio**

El proyecto de laboratorio deberá ser realizado en los grupos de clase, y este deberá contener la aplicación de cada una de las prácticas desarrolladas en el laboratorio del curso, la entrega del proyecto se hará en el número de fases y en las fechas estipuladas por el catedrático auxiliar.

El catedrático auxiliar ponderará el puntaje de calificación correspondiente a cada una de las partes que conforman el proyecto. Al final este proyecto deberá ser expuesto en una presentación por cada uno de los estudiantes integrantes del grupo de trabajo.

### **Otras Actividades**

A lo largo del semestre el catedrático auxiliar del curso podrá asignar diversas tareas que considere necesarias para reforzar el contenido del curso, el catedrático auxiliar deberá explicar la estructura de la misma, el contenido requerido y la fecha de entrega. Estas tareas podrán o no ser incluidas en la nota del laboratorio.

## **4.2. Recomendaciones**

Es recomendable que se dé un enfoque práctico al laboratorio, a través del cual el estudiante pueda llevar a la vida real, la aplicación de las herramientas aprendidas en el curso de Ingeniería de Métodos.

Para lo anterior, se hace necesario que el Catedrático Auxiliar que imparte el laboratorio tenga experiencia en el ámbito laboral a manera de poder proporcionar al estudiante ejemplos específicos que reflejen la aplicación del

curso, ya que es así a través de este intercambio de ideas que el estudiante podrá adquirir una visión más adecuada de los conceptos teóricos aprendidos.

Es importante que el trabajo de investigación conduzca a los estudiantes al aprendizaje autodidacta, y además les permita conocer los temas de vanguardia y las herramientas tecnológicas utilizadas, con la finalidad que estos puedan ser profesionales más competitivos y eficientes.

La Ingeniería de Métodos provee una serie de herramientas útiles en las empresas, que permiten medir el trabajo estableciendo tiempos estándares con la finalidad de encontrar un método de trabajo que permita la mejor utilización de los recursos humanos y materiales, equipos y maquinarias, a través de la distribución equitativa de las cargas de trabajo y el balance de tiempos de operación; además permite establecer un control adecuado de la producción y fijar programas de remuneración por rendimiento.

En la formación académica, las prácticas de laboratorio de un curso constituyen una oportunidad de mejora, que permite al estudiante integrar el aprendizaje de conceptos con la práctica a un nivel equivalente, desarrollando habilidades y destrezas que facilitan una mejor comprensión y entendimiento de los conceptos aprendidos, promoviendo así que el estudiante razone y proponga las posibles soluciones a un caso práctico determinado, utilizando las herramientas que tiene a su disposición.

Por lo anterior, se hace necesario que tanto el catedrático auxiliar del curso como el estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Industrial cuente con un manual teórico-práctico con un contenido y metodología actualizada, que a través de un apoyo práctico e interactivo proporcione un soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje, mediante el cual

se pueden integrar todos los conocimientos previamente adquiridos, y formar en el futuro profesional un criterio que les permita tomar decisiones acertadas en su desarrollo laboral.



## CONCLUSIONES

1. Se elabora el manual de laboratorio que consiste en una guía teórico – práctica que facilita al catedrático auxiliar del curso, para proporcionar a los estudiantes una visión de la realidad de una empresa, con la finalidad de que estos sean capaces de ofrecer soluciones a casos prácticos específicos con las herramientas proporcionadas.
2. El laboratorio del curso constituye una modalidad de enseñanza que integra la teoría y la práctica, en la cual el catedrático auxiliar y el estudiante pueden intercambiar conocimientos, dando origen a una dinámica, donde el estudiante tiene acceso al planteo, análisis y solución de problemas.
3. Los videos de filmación contenidos en las prácticas de laboratorio son incluidos para que el estudiante se familiarice con los procesos y a través de ellos pueda observar los problemas planteados y así recomendar las soluciones correspondientes.
4. Se incluyó para cada uno de los temas desarrollados en el curso de laboratorio de Ingeniería de Métodos: el marco teórico que proporciona los conceptos principales de cada uno de los temas y un marco práctico donde cual se desarrollan de forma detallada los ejemplos de aplicación.
5. El manual de laboratorio contiene una guía de los lineamientos que el catedrático auxiliar puede tomar como base para desarrollar cada una de las actividades que forman parte de la ponderación general del laboratorio del curso.

6. Los diagramas constituyen una herramienta que permite la estandarización del registro de la información, con la utilización de símbolos específicos, facilitando la comprensión y análisis de los procedimientos.
7. Las técnicas de registro y análisis, facilitan el planteamiento de un problema y permiten visualizar de manera general las posibles soluciones a las necesidades encontradas.
8. Los principios de ergonomía contribuyen al diseño adecuado de los centros de trabajo permitiendo de esta forma el incremento en la eficiencia de los operarios.
9. El conocimiento de la simbología y su significado facilita el registro de la información correspondiente a un proceso y contribuye a la correcta interpretación de la información diagramada.
10. El Diagrama Bimanual permite registrar las operaciones realizadas por las manos y los pies, permitiendo visualizar los movimientos ineficientes y las faltas a los principios de movimientos con el objeto de minimizarlos e implementar mejoras en el proceso.
11. El Diagrama Hombre-Máquina, permite visualizar la relación exacta entre los ciclos de la máquina y el operario, lo cual permite incrementar la eficiencia en el proceso mediante un balance entre los ciclos de trabajo.
12. Las dos técnicas utilizadas para la toma de tiempos son: el método continuo y la técnica de regreso a cero, las cuales son aplicables en base al tipo de proceso estudiado, con el objeto de determinar los tiempos estándares de las operaciones.

13. El balance de líneas es una herramienta que ayuda al analista a incrementar la eficiencia de una línea de producción permitiendo de esta forma satisfacer la demanda a través de una correcta distribución de las estaciones de trabajo y sus elementos.
  
14. Los sistemas de incentivos aplicados correctamente motivan a los empleados a desempeñarse de la mejor forma posible para alcanzar las metas planteadas, por lo cual se hacen necesarios en aquellas empresas en las cuales se quiera obtener el máximo rendimiento de su personal.





## RECOMENDACIONES

Para el laboratorio del curso:

1. Que durante el laboratorio, los estudiantes sean asesorados adecuadamente por el catedrático auxiliar del curso en el desarrollo del proyecto del mismo, con la finalidad que el alumno pueda aplicar efectivamente las herramientas aprendidas e incrementar sus habilidades y destrezas.
2. La aplicación de software especializado para la realización de las prácticas, ya que debido a la importancia de la tecnología se requiere que el estudiante aprenda el uso de estas herramientas para ser más competitivo en el mercado laboral.
3. Actualizar el contenido del curso a través de la búsqueda constante de nuevas herramientas y aplicaciones de la Ingeniería de Métodos, que conduzcan al estudiante a encontrarse a la vanguardia de las exigencias del mercado.
4. Desarrollar en el estudiante la capacidad de análisis e interpretación para que de esta forma el mismo aprenda a utilizar las herramientas proporcionadas no de forma mecánica sino que aprenda a dar soluciones funcionales y fundamentadas.
5. Que el catedrático auxiliar del curso de Ingeniería de Métodos distribuya la ponderación del laboratorio de forma equitativa, con base a la importancia y nivel de dificultad de cada una de las actividades a realizar.

6. Que al momento de utilizar los distintos diagramas, el estudiante recopile toda la información relacionada con el proceso en análisis, con la finalidad de analizar cada uno de los elementos que conforman el mismo y poder establecer las recomendaciones correspondientes.
7. Que el estudiante comprenda la aplicación de las diversas técnicas de registro y análisis existentes, para de esta forma pueda aplicar la más conveniente a las necesidades planteadas.
8. Mostrar la importancia de los principios de la ergonomía en el correcto desempeño de los operarios y en la creación de condiciones adecuadas de trabajo.
9. Para el análisis de un proceso, el analista registre toda la información correspondiente al mismo y con esta proceda a la diagramación de la secuencia lógica del proceso con la utilización de la simbología adecuada, facilitando de esta forma la visualización gráfica de todo el proceso y sus elementos.
10. Que el estudiante conozca para el análisis de las operaciones, los principios básicos de la economía de movimientos, mediante los cuales se facilitará la búsqueda del método mejorado.
11. Concientizar al estudiante en la importancia del acoplamiento de máquinas para el establecimiento de los planes de remuneración o incentivos, debido al incremento en las responsabilidades.

12. Dar a conocer al estudiante las ventajas y desventajas tanto del método continuo como de la técnica de regreso a cero, así como mostrar los requerimientos y los pasos necesarios para calcular el tiempo estándar de una operación y la importancia del mismo en la implementación de los sistemas de incentivos.
13. Que el estudiante aprenda a distinguir el cuello de botella en un proceso, a fin de establecer sus causas, para así pueda recomendar las mejoras posibles e incrementar la eficiencia de los procesos de producción en serie.
14. Dar a conocer al estudiante la importancia de la aplicación de los sistemas de incentivos, su correcta implantación y difusión en las empresas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Niebel, Benjamín W. **“Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo”**, Décima Edición. Editorial Alfaomega. México, 2001.
2. García Criollo, Roberto. **“Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos”**, McGrawHill. México, 1998.
3. García Criollo, Roberto. **“Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo”**, McGrawHill. México, 1998.
4. Echeverría Cardona, Pedro Francisco. **“Manual del Laboratorio del Curso de Ingeniería de Métodos”**. Tesis Ing. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1990.
5. Krajewski, Lee J. **“Administración de Operaciones: Estrategia y Análisis”**, Quinta Edición. Pearson Education. México, 2000.
6. de la Roca, Ing. Leonel. **“Manual de Prácticas de Ingeniería de Métodos”**, Edición Preliminar. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería. 1994.



## ANEXOS

**Tabla XIII – Probabilidades acumuladas de la distribución normal**

El valor es el área A bajo la curva normal estándar desde $-\infty$ hasta $z(A)$ .										
z	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5754
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7258	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7518	0.7549
0.7	0.7580	0.7612	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7996	0.8023	0.8051	0.8079	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9430	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9485	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9700	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9762	0.9767
2	0.9773	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9865	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9980	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9983	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

**Fuente: Niebel, Benjamín. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. Referencia página 688**



**Tabla XIV – Sistema Westinghouse**

<b>Destreza o Habilidad</b>		
+ 0.15	A1	Superior
+ 0.13	A2	Superior
+ 0.11	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.05	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Malo
- 0.22	F2	Malo
<b>Esfuerzo o Empleo</b>		
+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.04	E1	Aceptable
- 0.18	E2	Aceptable
- 0.12	F1	Malo
- 0.17	F2	Malo
<b>Condiciones</b>		
+ 0.06	A	Ideal
+ 0.04	B	Excelente
+ 0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.03	E	Aceptable
- 0.07	F	Malo
<b>Consistencia</b>		
+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.03	B	Excelente
+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
- 0.02	E	Aceptable
- 0.04	F	Malo

**Fuente: Niebel, Benjamín. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. Referencia página 361 - 363**