

# INGENIERIA INDUSTRIAL

- INGENIERÍA DE MÉTODOS I -



## AUTORES

BOCÁNGEL WEYDERT, Guillermo Augusto

ROSAS ECHEVARRÍA, Cesar Wilfredo

BOCÁNGEL MARIN, Guillermo Augusto

PERALES FLORES, Roberto Sixto

HILARIO CARDENAS, Jorge Rubén

Huánuco - 2021



BOCÁNGEL WEYDERT, Guillermo Augusto  
ROSAS ECHEVARRÍA, Cesar Wilfredo  
BOCÁNGEL MARIN, Guillermo Augusto  
PERALES FLORES, Roberto Sixto  
HILARIO CARDENAS, Jorge Rubén

# INGENIERIA INDUSTRIAL

- INGENIERÍA DE MÉTODOS I -



Editor  
BOCÁNGEL MARIN, Guillermo Augusto

# INGENIERÍA INDUSTRIAL

## - INGENIERÍA DE MÉTODOS I -

**Autores:**

© **BOCÁNGEL WEYDERT**, Guillermo Augusto

© **ROSAS ECHEVARÍA**, César Wilfredo

© **BOCÁNGEL MARÍN**, Guillermo Augusto

© **PERALES FLORES**, Roberto Sixto

© **HILARIO CARDENAS**, Jorge Rubén

**Hecho el Depósito Legal en**

**La Biblioteca Nacional del Perú N°: 2021-10219**

**Primera Edición Digital: Agosto, 2021**

**Publicación disponible en:**

<https://www.unheval.edu.pe/useybt/>

**Editado por:**

**BOCÁNGEL MARIN**, Guillermo Augusto

**Dirección:** Av. Contralm. Montero 466

Torre C 405

Lima – Lima – Magdalena del Mar

Perú

**ISBN: 978-612-00-6719-2**



Derechos Reservados. Prohibida la reproducción de este Libro Virtual por cualquier medio total o parcial, sin permiso expreso de los autores.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar los temas principales de la ingeniería de métodos, la aplicación de las herramientas de la ingeniería de métodos ayuda a la organización a incrementar su productividad reduciendo los costos y así aumentar su rentabilidad.

Se vio conveniente dividir en siete capítulos, el primer capítulo la introducción a la ingeniería de métodos nos habla de los antecedentes históricos , aquí se relata la evolución de la ciencia y la ingeniería a través de las diferentes civilizaciones, también se menciona a la evolución de la ingeniería de métodos se destaca el aporte de diferentes personajes ilustre que contribuyeron a mejorar las herramientas y metodologías que hoy en día conocemos, también se relata la ingeniería de métodos en la actualidad, los pasos para desarrollar y que otros conocimientos como la ergonomía se aplican en este ámbito.

En el capítulo dos se habla de los indicadores de gestión dentro de ellos la eficiencia, eficacia, efectividad y la productividad, dichos indicadores nos ayudan a ver de manera utilizamos los recursos disponibles.

En el capítulo tres se desarrolló la metodología de las 5S, importante tema que nos ayuda a tener empresas más ordenadas, limpias y estandarizadas.

En el capítulo cuatro aprenderemos a usar las 7 Herramientas de la Calidad Reactivas estas herramientas son un conjunto de metodologías que fueron reunidas por Kaoru Ishikawa y están ampliamente difundidas como forma de mejorar los procesos de las empresas. Desde entonces, se utilizan en los sistemas de gestión para ayudar en la mejora de los servicios y procesos.

En el capítulo cinco desarrollaremos el estudio de métodos y trabajos la cual consiste en el registro y examen crítico de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo. Sirve para investigar y reducir el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se ejecuta trabajo productivo por cualquier causa que sea.

En el capítulo 6 trataremos del estudio de tiempos y movimientos Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo que debe asignarse a una persona, conocedora de su trabajo, para llevar a cabo una tarea determinada

En el capítulo 7 aprenderemos sobre el balance de línea, el balance de línea es una herramienta muy importante para el control de la producción, dado que una línea de fabricación equilibrada permite la optimización de variables que afectan la productividad de un proceso tales como: inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

# Índice

<b>1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN A LA INGENIERIA DE MÉTODOS</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes históricos</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Evolución de la ingeniería de métodos</b>	<b>2</b>
<b>1.3. La ingeniería de métodos en la actualidad</b>	<b>4</b>
<b>2. CAPITULO II: INDICADORES DE GESTIÓN:</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Eficiencia</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Eficacia</b>	<b>10</b>
2.2.1. Cálculo de la eficacia	11
2.2.2. Ejemplos teóricos de eficacia	11
2.2.3. Ejemplos prácticos de eficacia	11
2.2.4. Ejercicios Propuestos de Eficacia	12
<b>2.3. Efectividad</b>	<b>13</b>
2.3.1. Cálculo de efectividad	13
2.3.2. Ejemplos teóricos de la efectividad	13
2.3.3. Ejemplos prácticos de efectividad	14
2.3.4. Ejercicio propuesto de la efectividad	15
<b>2.4. Productividad</b>	<b>15</b>
2.4.1. Cálculo de la productividad	15
2.4.2. Ejemplos de Productividad	15
2.4.3. Ejercicio Propuesto de productividad	17
<b>3. CAPITULO III: 5S</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Seiri</b>	<b>19</b>
3.1.1. Objetivos del Seiri	19
3.1.2. Beneficios del Seiri	19
<b>3.2. Seiton</b>	<b>20</b>
3.2.1. Objetivos del Seiton	20
3.2.2. Beneficios del Seiton	20
<b>3.3. Seiso</b>	<b>20</b>
3.3.1. Objetivos del Seiso	21
3.3.2. Beneficios del Seiso	21
<b>3.4. Seiketsu</b>	<b>22</b>
3.4.1. Objetivos de seiketsu	23
3.4.2. Beneficios de seiketsu	23
<b>3.5. Shitsuke</b>	<b>23</b>

3.5.1. Objetivos de shitsuke -----	24
3.5.2. Beneficios de shitsuke -----	24
<b>4. CAPITULO IV: HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD REACTIVAS -----</b>	<b>25</b>
<b>4.1. Diagrama de causa – efecto -----</b>	<b>25</b>
4.1.1. Pasos para elaborar un diagrama causa - efecto -----	25
4.1.2. Fortalezas y beneficios del diagrama de Ishikawa -----	27
4.1.3. Desventaja del diagrama de Ishikawa-----	28
4.1.4. Casos Prácticos -----	28
4.1.5. Casos Propuestos -----	31
<b>4.2. Listas de chequeo -----</b>	<b>33</b>
4.2.1. Pasos para la elaboración de una lista de chequeo -----	33
4.2.2. Uso del checklist-----	34
4.2.3. Tipos de listas de chequeo-----	35
4.2.4. Ventajas del Checklist -----	37
4.2.5. Casos Prácticos -----	38
4.2.6. Casos Propuestos -----	39
<b>4.3. Gráficos de control -----</b>	<b>39</b>
4.3.1. Gráfica de control -----	39
4.3.2. Guía Para La Selección Del Tipo De Grafica De Control. -----	41
4.3.3. Gráfica de control por variables $X - R$ -----	41
4.3.4. Gráfica de control por variables $X - S$ -----	43
<b>4.4. Diagramas de flujo -----</b>	<b>46</b>
4.4.1. Diagramas de Operaciones (DOP).-----	46
4.4.2. Diagrama de Análisis del Proceso (DAP)-----	49
<b>4.5. Histogramas -----</b>	<b>57</b>
<b>4.6. Gráfico de Pareto -----</b>	<b>58</b>
<b>4.7. Diagrama de dispersión -----</b>	<b>60</b>
4.7.1. Calculo de la recta de regresión.-----	63
4.7.2. Coeficiente de correlación-----	65
<b>5. CAPITULO V: ESTUDIO DE MÉTODOS Y TRABAJO -----</b>	<b>67</b>
<b>5.1. Etapas -----</b>	<b>67</b>
5.1.1. Seleccionar -----	67
5.1.2. Registrar -----	69
5.1.3. Examinar (Actitud interrogativa)-----	71
5.1.4. Plantear Alternativas -----	72
5.1.5. Definir -----	72

5.1.6. Implantar -----	74
5.1.7. Mantener en uso (Vigilancia) -----	76
<b>6. CAPITULO VI: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS. -----</b>	<b>78</b>
<b>6.1. Economía de movimientos -----</b>	<b>78</b>
<b>6.2. Diseño de la estación de trabajo -----</b>	<b>81</b>
6.2.1. Procedimiento de evaluación de puesto de trabajo -----	83
6.2.2. Principios de diseño y desarrollo -----	85
<b>6.3. Diagrama Hombre - Máquina -----</b>	<b>86</b>
6.3.1. Definición -----	86
6.3.2. Objetivos -----	87
6.3.3. Pasos para Realizarlo -----	87
6.3.4. Principios -----	87
6.3.5. Ejemplos -----	90
<b>6.4. Estudio de movimientos -----</b>	<b>97</b>
6.4.1. Principios de la economía de movimientos -----	98
6.4.2. Utilización del cuerpo humano -----	98
6.4.3. Instalación del puesto de trabajo -----	99
6.4.4. Concepto de herramienta y equipo -----	100
6.4.5. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano horizontal para operadores hombres y mujeres (Dimensiones establecidos por Farley). -----	101
6.4.6. Clasificación de los movimientos -----	101
6.4.7. Practicas comunes para optimizar movimientos -----	102
6.4.8. Estudio de Micro-movimientos -----	104
6.4.9. Ejemplos -----	106
<b>6.5. Medición de trabajo -----</b>	<b>107</b>
6.5.1. Objetivos de la medición de trabajo -----	107
6.5.2. Desarrollo del estudio de tiempos y relación con la simplificación del trabajo -----	107
6.5.3. Aplicación de la medición de trabajo -----	108
<b>6.6. Medición del trabajo y estándares -----</b>	<b>111</b>
6.6.1. Obtención de datos de tiempo estándar -----	111
<b>7. CAPITULO VII: BALANCE DE LINEA -----</b>	<b>116</b>
<b>7.1. Indicadores de cada red productiva: -----</b>	<b>116</b>
7.1.1. Producción -----	116
7.1.2. Tiempo Muerto -----	116
7.1.3. Eficiencia de línea -----	117
7.1.4. Matemáticamente: -----	117

<b>7.2. Análisis para dos productos</b> -----	<b>117</b>
<b>7.3. Balance de una línea de ensamble</b> -----	<b>127</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> -----	<b>135</b>
<b>9. LISTA DE FIGURAS</b> -----	<b>138</b>
<b>10. LISTA DE TABLAS</b> -----	<b>140</b>

# 1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE MÉTODOS

## 1.1. Antecedentes históricos

En tiempos antiguos los humanos se alimentaban de los animales que cazaban y de la recolección de frutas, estos vivían en cuevas y se alimentaban de todo lo que tenía la naturaleza, algunos alimentos se encontraban fuera de su alcance por ello comenzaron a fabricar herramientas rudimentarias para facilitar su trabajo, estos fueron los primeros pasos hacia la ingeniería.

Con el pasar del tiempo estas civilizaciones comenzaron a evolucionar y abrirse campo a la ciencia, a observar y entender los fenómenos de la naturaleza.

Los mesopotámicos construyeron templos, murallas y canales ellos fueron los pioneros en obras de ingeniería del antiguo mundo, también utilizaron el sistema decimal y sexagesimal, emplearon las operaciones aritméticas básicas, desarrollando las ecuaciones de segundo orden, tenían conocimiento del número Pi, la raíz y la potencia (Stincer Gomez 2012).

Por su parte los egipcios aportaron en la construcción y la planificación, pioneros en la elaboración de planos, sistema de riego, construyeron grandes estructuras de piedras perdurables de la historia. Dentro de sus legados está el muro de Menfis y las conocidas pirámides de Egipto (Stincer Gomez 2012).

Los griegos desarrollaron sistemas de distribución, mejoraron los materiales y las formas de trabajo, ellos tenían conocimiento del arte, la filosofía, la ciencia, el gobierno y la literatura, además construyeron grandes templos como la Acrópolis, estos aplicaron los conocimientos de la ciencia, descubrieron la gravedad, la ley de la palanca, el tornillo de Arquímedes, etc.

El imperio romano también tuvo aportes importantes, construcción y diseño de acueductos, carreteras, puentes, edificios públicos. Lo destacable de esta civilización fue la edificación del Coliseo Romano. Se comenzaron a utilizar esclavos como mano de obra para la elaboración de sus construcciones.

Los árabes crearon los número arábigos, dieron aportes a la artesanía de oro, plata y bronce, en el campo de la agricultura insertaron nuevas plantaciones como la caña de azúcar, las palmetas, la morera, etc., además crearon la brújula, el astrolabio, azulejos y las porcelanas.

La cultura Maya y Azteca desarrollaron la escritura jeroglífica, el calendario, contribuyeron al campo de la astronomía hicieron observaciones del sol, la luna, al planeta Venus, conocieron el eclipse lunar y solar, por su parte los aztecas iniciaron los pronósticos del tiempo (Stincer Gomez 2012).

## **1.2. Evolución de la ingeniería de métodos**

Todo comienza con la revolución industrial, donde surge cambios importantes a nivel tecnológico, económico y cultural, junto a ello también se desarrollaron nuevas formas de trabajo, la ingeniería de métodos fue una de las ramas que evoluciono en gran medida, pero antes de narrar su progreso vamos a definir algunos términos importantes.

Como primer punto vamos a definir la ingeniería según la Ing. Eitel Lauria de la Academia nacional de ingeniería (2010) afirma que la ingeniera es la ciencia y el arte de crear, proyectar, desarrollar y producir sistemas, estructuras, dispositivos y procesos, utilizando recursos naturales, energía e información y aplicando conocimientos científicos y tecnológicos y metodologías matemáticas, experimentales e informáticas, para proporcionar a la humanidad, con seguridad, eficiencia y calidad, sobre bases económicas y con responsabilidad social y ambiental, bienes y servicios que satisfagan sus necesidades.

Ahora vamos a definir que es la ingeniería de métodos en 1932, H.B Maynard y sus asociados desarrollaron y utilizaron por primera vez este término, lo definen de la siguiente manera:

“Es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis en orden a eliminar toda operación innecesaria y en orden a encontrar el método más rápido para realizar toda operación necesaria”.

La evolución de la ingeniería de métodos tuvo momentos muy importantes, uno de los pioneros fue Jean Rodolphe Perronet en 1760, fue un ingeniero francés que realizó estudio de tiempos en la fabricación de alfileres, llegó a obtener estándares de 494 piezas por hora. En 1776 Adam Smith publica su libro “La riqueza de las naciones”, es considerado el primero libro moderno de economía y donde se habla sobre la división del trabajo, los salarios, etc. Después de 60 años el economista inglés Charles Babbage determino que una libra de alfileres se debía fabricar en 7.69 horas.

Para 1881 Frederick W. Taylor ingeniero mecánico estadounidense considerado padre de la Ingeniería Industrial, comienza su trabajo sobre el estudio de tiempos, mejora de métodos de trabajo además fue el precursor en desarrollar la teoría integrada de los principios y metodología de la Dirección, lo más destacable es su método para mejorar la eficiencia industrial, además los estudios de tiempos y movimientos para hacer mucho más eficiente las tareas de los operarios en la fábrica Lopez Peralta , Alarcón Jimenez , & Rocha Pérez (2014).

En 1901 Henry L. Gantt desarrolla su sistema de salarios de tarea y bono o bonificación, fue un ingeniero mecánico estadounidense y es considerado el padre de la Gestión, desarrollo el conocido Diagrama de Gantt que es una gráfica de barras, con dos ejes, el horizontal representa al tiempo y el vertical indican los diversos tiempos de las tareas.

En 1913 Henry Ford da a conocer la primera línea de ensamblaje móvil, en Detroit, fue un empresario estadounidense fundador de la compañía Ford Motor Company, es considerado padre de la producción en masa. En su tercer proyecto alcanzo el éxito, comenzó a fabricar automóviles que tenía como nicho de mercado a familia de nivel socioeconómico medio. La clave de su éxito fue su producción en serie, que se denominó fordismo. Esta nueva forma de trabajo consistía en una cadena de montaje a base de correas de transmisión y guías de deslizamiento que iban desplazando automáticamente el chasis del automóvil hasta los puestos en donde sucesivos grupos de operarios realizaban en él las tareas encomendadas, hasta que el coche estuviera completamente terminado.

Por el año de 1917 Frank y Lilian Gilbert publican “Aplicaciones del estudio de movimientos”, se consideran como pioneros del estudio de la ergonomía, se interesaron en investigar los movimientos de los empleados y como reducirlos. Frank comenzó a trabajar a los 17 años como ayudante de una construcción civil ahí pudo observar como cada trabajador tenía una forma diferente de hacer las cosas y algunos eran más productivos que otros, empezó a crear métodos para que los obreros sean más eficaces y esta pasión la compartió con su esposa.

La pareja estaba muy enfocada en eliminar los movimientos que no fueran necesarios para realizar un trabajo, empezaron desde actividades cotidianas, buscando formas más productivas de abotonarse la camisa y de tomarse un baño. En 1913 desarrollaron el cronociclografo, un aparato que sirve para medir y capturar los movimientos (López Peralta , Alarcón Jimenez , & Rocha Pérez (2014).

### **1.3. La ingeniería de métodos en la actualidad**

El enfoque actual de la ingeniería de métodos es mejorar los procesos, procedimientos y tareas, los lugares de trabajo, también abarca el diseño de los instrumentos, así como las instalaciones y las condiciones de trabajo. La ingeniería de métodos también se enfoca en reducir o eliminar el esfuerzo humano, disminuir el uso de materiales, con el único fin de hacer más fácil y seguro el trabajo.

Para mejorar los métodos de trabajo se evalúan todas las actividades tanto directas como indirectas, que generen o no valor agregado, estas actividades son evaluadas de manera analítica, continua y meticulosamente. Durante esta evaluación se determinan los puntos críticos, cuellos de botella, mermas, desperdicios o alguna otra actividad que hacen que el proceso sea deficiente. Lopez Peralta , Alarcón Jimenez , & Rocha Pérez (2014).

Como siguiente paso que busca aquellas mejoras que permiten que el trabajo se realice con mayor facilidad, con el menor tiempo y con menos materia, esto repercute en la rentabilidad de la empresa, aumenta su productividad y su ventaja competitiva.

Dentro de los procesos industriales existen dos tipos de actividades las que agregan valor al proceso y las que generan costos, actualmente se recomienda que las actividades que se clasifican en el segundo tipo se reduzcan al máximo y si es posible se las elimine.

Dentro de la ingeniería de métodos también se encuentra el diseño del método que busca los medios más efectivos para que el trabajador desarrolle sus funciones, también se integran el concepto de ergonomía que nos ayuda a estudiar las condiciones físicas y ambientales en el puesto de trabajo, al aplicar la ergonomía se busca adecuar el lugar de trabajo y las herramientas al trabajador para evitar el cansancio, fatiga y también mejorar las condiciones de salud. Las etapas para el diseño del método del trabajo son: Selección del proyecto, Obtención de hechos, presentación de hechos, análisis, desarrollo del método ideal, definir el nuevo método, implantación del método, mantener el nuevo método de trabajo en funcionamiento, establecimiento de estándares de tiempo, seguimiento del método, en la actualidad el trabajo se mide por el cronometraje continuo y el cronometraje con vuelta a cero. Lopez Peralta , Alarcón Jimenez , & Rocha Pérez, (2014).

## 2. CAPITULO II: INDICADORES DE GESTIÓN:

### 2.1. Eficiencia

Samuelson y Nordhaus (2002) afirma que: “La eficiencia significa la utilización de los recursos de sociedad de manera más adecuada posible para satisfacer las necesidades y los deseos de los individuos” (p.4).

Así mismo Bouza (2000) plantea que: “La eficiencia se refiere a los resultados en relación con las metas y cumplimiento de los objetivos organizacionales” (p.5).

Por su parte Coulter (2005) define que: “La eficiencia significa hacer una tarea correctamente y se refiere a la relación que existe entre insumos y productos” (p.5).

#### Ejemplo 1:

La empresa Carlitos S.A.C que fabrica sandalias, utiliza las siguientes cantidades de los factores productivos.

*Tabla 1: Datos empresa Carlitos S.A.C*

TECNOLOGIAS	SANDALIAS OBTENIDAS	TRABAJADORES	CANTIDAD DE HORAS HOMBRE
A	17500	5	7 h
B	15400	3	6.5h
C	17400	7	8 h

Determinar la tecnología más eficiente técnica y económicamente:

- Tecnología A:  $\frac{\text{Recursos Obtenidos}}{\text{Recursos Invertidos}} = \frac{17500}{(5 \cdot 7h)} = 500 \frac{\text{sandalias}}{\text{hora}}$
- Tecnología B:  $\frac{\text{Recursos Obtenidos}}{\text{Recursos Invertidos}} = \frac{15400}{(3 \cdot 6.5h)} = 790 \frac{\text{sandalias}}{\text{hora}}$
- Tecnología C:  $\frac{\text{Recursos Obtenidos}}{\text{Recursos Invertidos}} = \frac{17400}{(7 \cdot 8h)} = 311 \frac{\text{sandalias}}{\text{hora}}$

La tecnología A es la más eficiente porque produce más con los mismos recursos.

### Ejemplo 2:

A una fábrica de muebles se le encargo producir un lote de 30000 camas, el dinero que obtiene la empresa por la venta de las camas es de S/. 450000, se le entrego 650 toneladas de madera que tuvo un costo de S/.75000, los otros gastos de producción costaron S/.45000, cada cama pesa aproximadamente 12kg.

Calcular:

- a) Eficiencia física
- b) Eficiencia económica

Solución:

- a) Eficiencia física:

$$Ef = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}} = \frac{(30000 \text{ camas}) * \left(12 \frac{\text{kg}}{\text{cama}}\right)}{650 \text{ tn} * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{tn}}}$$
$$Ef = \frac{360000}{560000} = 0.64$$

El resultado obtenido nos indica que se aprovechó en el producto final el 64% de la materia prima que se entregó.

- b) Eficiencia económica

*Tabla 2: Estructura de costos inicial*

<b>Ingresos</b>	
Ventas	S/. 450000
<b>Egresos</b>	
Madera	S/.125000
Otros Costos	S/.65000
<b>Total de Egresos</b>	<b>S/.190000</b>

$$Ee = \frac{Ventas}{Costos} = \frac{S/ .450000}{S/ .190000} = 2.36$$

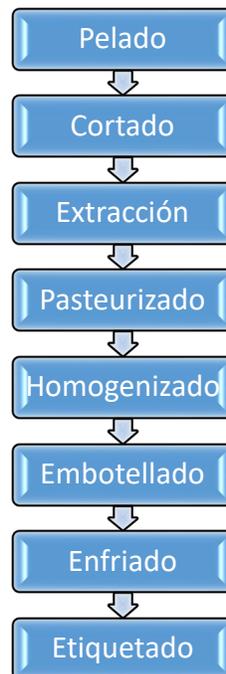
Este resultado nos indica que por cada solo invertido se obtiene un beneficio de S/. 1.36 soles.

**Ejemplo 3:**

Para la producción de néctar de piña se utiliza 11 máquinas, pero la empresa no cuenta con dichos aparatos, el precio de alquiler esta 14 soles la hora, dichas maquinas consumen 11250 Kwh para su funcionamiento, el costo que cobra electrocentro es de 0.45 soles Kwh.

Así mismo se sabe que al pelar la piña se desperdicia el 40% y en el extractor desecha 6.57% del peso de la piña empleada, si cada botella de néctar se vende en 40 soles, el néctar de piña sigue los siguientes procesos:

*Figura 1: Proceso del Néctar de Piña*



Se pide determinar:

- a) La eficiencia física:
- b) Eficiencia económica

Solución:

a) La eficiencia física:

Sabiendo que ingresa al proceso 350kg de piña.

En el pelado se pierde el 40%.

$$350 \text{ kg} * 0.4 = 140 \text{ kg}$$

En el cortado quedaría:

$$350\text{kg} - 140\text{kg} = 210\text{kg}$$

En el proceso de extracción se desecha 6.57%.

$$210 \text{ kg} * 0.0657 = 13.797 \text{ kg}$$

En el proceso de pasteurización quedaría:

$$210\text{kg} - 13.797 \text{ kg} = 196.2\text{kg}$$

La salida útil de la materia prima sería 196.2 kg

$$Ef = \frac{\text{Salida útil de MP}}{\text{Entrada de MP}} = \frac{192.2\text{kg}}{350\text{kg}} = 0.55$$

El resultado obtenido nos indica que se aprovechó en el producto final el 55% de la materia prima que se entregó.

b) Eficiencia económica:

- Costo de mano de obra:

$$\begin{aligned} MO &= 17 \text{ operarios} * 23 \frac{\text{soles}}{\text{hora}} * 9.2 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} * 15 \text{ dias} \\ &= 53958 \text{ soles} \end{aligned}$$

- Costo de maquinaria

$$Mq = 11 \text{ máquinas} * 14 \frac{\text{soles}}{\text{hora}} * 9.2 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} * 15 \text{ dias} = 21252 \text{ soles}$$

- Costos de energía eléctrica

$$\text{Eléctrica} = 11250 \text{ Kwh} * 0.45 \frac{\text{soles}}{\text{Kwh}} = 5062.5 \text{ soles}$$

Tabla 3: Estructura de Costos

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
350 kg de piña	S/.10500
50 kg de agua industrial	S/.5000
Costos de aditamentos	S/.5080
Costos de proceso	S/. 16500
Costo de la mano de obra	S/.53958
Costo de maquinaria	S/. 21252
Costo de la energia electrica	S/. 5062.5
<b>Costo Total</b>	<b>S/.117352.5</b>

Los ingresos son:

$$Ingresos = 3895 \text{ unidades} * 40 \frac{\text{soles}}{\text{botella}} = S/ 155800$$

$$Ee = \frac{Ventas}{Costos} = \frac{S/155800}{S/117352.5} = 1.33$$

Este resultado nos indica que por cada solo invertido se obtiene un beneficio de S/. 0.33 soles.

## **2.2. Eficacia**

La eficacia "está relacionada con el logro de los objetivos/resultados propuestos, es decir con la realización de actividades que permitan alcanzar las metas establecidas. La eficacia es la medida en que alcanzamos el objetivo o resultado" (Da Silva, 2002, pág. 20).

Muchos de nosotros estamos de acuerdo que la eficacia es lograr los objetivos trazados previamente. También se dice que el término solo es realizar correctamente las cosas, con el simple propósito de lograr o alcanzar las metas que se trazan. No obstante, la eficacia también es lograr el objetivo planteado, por lo que es la capacidad o cualidad para lograr, obrar o conseguir algún resultado en particular.

### 2.2.1. Cálculo de la eficacia

Formula:

$$Eficacia = \left( \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \right) * 100$$

El resultado será un porcentaje que la empresa podrá valorar de forma comparativa, es decir, si se sitúa en los porcentajes más bajos el trabajo será ineficaz, mejorando esta capacidad conforme se acerque hacia el 100%.

### 2.2.2. Ejemplos teóricos de eficacia

- Se es eficaz si nos hemos propuesto construir un edificio en tres meses y lo logramos. Fuimos eficaces por cuanto alcanzamos el objetivo, logramos lo que nos propusimos, independientemente de si hemos sido eficientes o no.
- El caso de los alumnos. Saben que deben estudiar para sacar buenas notas en el curso, pero si tienen el empeño de hacerlo puede que se conviertan en más eficaces y con ello poder rendir mejor y alcanzar todos los objetivos que se hayan marcado.

### 2.2.3. Ejemplos prácticos de eficacia

#### Ejemplo 1:

Una carpintería ha programado producir 40 sillas en 5 días, pero se logró producir 30 sillas en 10 días. También se hizo una evaluación a los clientes; ellos dieron una puntuación de 7 puntos de una puntuación de 10. Se quiere saber la eficacia de la carpintería.

Solución:

$$Eficacia = \left( \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \right) * 100$$

$$Eficacia = \left( \frac{30}{40} * \frac{5}{10} * \frac{7}{10} \right) * 100$$

$$Eficacia = 26.25\%$$

Se observa que la carpintería tiene una eficacia de 26.25%, lo que significa que tiene una mala eficacia. Si se quiere crecer como empresa, debe de aumentar su eficacia.

### **Ejemplo 2:**

Un empresario que vende colchones quiere saber la eficacia que tiene su empresa; con los datos que le brindaron.

Se programa una producción de 3000 colchones al mes, pero el pronóstico de ventas para el mes es de 2500 colchones. Para la fabricación de los 3000 colchones se demora 7 días más de trabajo. Al término del mes se fabricaron 2500 colchones, pero la demanda fue de 2750 colchones. Además, se sabe que la satisfacción del cliente es de 79 sobre 100 puntos.

Solución:

$$Eficacia = \left( \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \right) * 100$$

$$Eficacia = \left( \frac{2500}{3000} * \frac{2750}{2500} * \frac{30}{37} * \frac{79}{100} \right) * 100$$

$$Eficacia = 52.03\%$$

#### **2.2.4. Ejercicios Propuestos de Eficacia**

En una empresa dedicada a la fabricación de mesas para el hogar y oficinas; los propietarios observan cómo han bajado los resultados, aunque sus ventas están estables. La empresa posee un sistema de presupuesto mensual, además realiza órdenes de trabajo por cada pedido que toma. Se necesita saber el indicador de eficacia para poder saber si la empresa necesita algún cambio o no. Por lo cual se nos da la siguiente información.

Situación al inicio del mes anterior:

- Programa de producción para el mes es de 4000 mesas.
- Pronóstico de ventas para el mes 3500 mesas.
- Situación al cerrar el mes anterior

Producción de mesas del mes 2500.

- La producción de las 3000 mesas se completó el día 5 del mes posterior.
- Ventas realizadas en el mes 2750 mesas.

Además, se sabe que el índice de aceptación de las mesas es de un 95%.

### **2.3. Efectividad**

La definición de efectividad; “Este concepto involucra la eficiencia y la eficacia, es decir, el logro de los resultados programados en el tiempo y con los costos más razonables posibles. Supone hacer lo correcto con gran exactitud y sin ningún desperdicio de tiempo o dinero” (Mejía Cañas, 1998).

Trabajando la efectividad puedes crear un grupo de empleados responsables y productivos, esto se debe al equilibrio de los indicadores, tanto de la eficacia y efectividad. Así se sabe sobre las acciones y tareas que ayudan al objetivo de la empresa.

#### **2.3.1. Cálculo de efectividad**

Formula:

$$Efectividad = Eficacia * Eficiencia$$

Obtendremos un porcentaje que nos dirá lo efectiva que es la actividad analizada.

#### **2.3.2. Ejemplos teóricos de la efectividad**

- La efectividad en la compra de pasajes de autobús. Desde dirección piden a alguien la compra de pasajes de autobús para determinadas fechas. Una persona eficaz simplemente las compraría sin comparar alternativas o tomar grandes decisiones; mientras que una persona eficiente las compraría de la mejor forma posible: al precio más cómodos, con mejores horarios, con traslado hasta y desde el paradero, elección de mejores lugares para sentarse, etc.
- Efectividad en una fábrica de polos. El objetivo fue producir 10000 unidades en el mes de julio. Lograron producir 8000 unidades; es decir no fueron eficaces porque no lograron la meta planteada. La cantidad de polos

fabricados por la empresa por cada 1000 metros de tela fue de 50 en el mes de julio, menor a la producción del mes de junio. La empresa fue eficaz pero no fue eficiente; por lo tanto, no fue efectiva.

### 2.3.3. Ejemplos prácticos de efectividad

#### Ejemplo 1

En una empresa de almacenamiento hizo un análisis sobre sus indicadores de gestión. Se tiene los resultados de la eficacia y de la eficiencia; por lo que se quiere calcular la efectividad de la empresa. Se sabe que la empresa tiene una eficacia de 64% y eficiencia de 80%.

$$Efectividad = (Eficacia * Eficiencia) * 100$$

$$Efectividad = (0.64 * 0.80) * 100$$

$$Efectividad = 51.2\%$$

La empresa de almacenamiento tiene una efectividad del 51.2%. Este resultado nos dice que la empresa es poco efectiva con los trabajos que realiza.

#### Ejemplo 2:

Una empresa quiere saber la Efectividad que tiene. Para eso le dan los siguientes datos para que pueda hallarlo. La empresa había programado una producción de 2000 unidades en una semana, pero solo se logró producir 1800 unidades en un transcurso de 8 días. El siguiente dato que nos dan es el porcentaje de eficiencia que cuenta la empresa, el cual es de 80%.

Solución:

Primero hallemos la eficacia

$$Eficacia = \left( \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} \right) * 100$$

$$Eficacia = \left( \frac{1800}{2000} * \frac{7}{8} \right) * 100$$

$$Eficacia = 78.75\%$$

Teniendo el dato de la eficacia, ya podemos utilizar la fórmula de la efectividad.

$$Efectividad = (Eficacia * Eficiencia) * 100$$

$$Efectividad = (0.7875 * 0.8) * 100$$

$$Efectividad = 63\%$$

La empresa tiene una efectividad del 63%, aunque esta encima de los 50% no es un buen indicador. La empresa debe de tratar de llegar a las unidades programadas.

#### **2.3.4. Ejercicio propuesto de la efectividad**

Una empresa que vende zapatos importados quiere saber que tan bien está el negocio; el propietario ha convocado a especialistas para que puedan brindar asesoramiento y guiar en los cambios necesarios. Al realizar la investigación sobre la empresa se sabe que la esta tiene una eficiencia del 78%; y que su eficacia es un 105% de la eficiencia. Hallar cual será la efectividad de la empresa de zapatos.

### **2.4. Productividad**

“Productividad es el cociente que resulta de dividir la producción por uno de los factores de producción, de esta manera es posible hablar de Productividad de capital, de inversión, mano de obra, etc.” (OCEE, 1950).

#### **2.4.1. Cálculo de la productividad**

Teniendo esto en cuenta, la fórmula para calcular la productividad es el cociente entre producción obtenida y recursos utilizados.

$$Productividad = \frac{Producción\ obtenida}{Cantidad\ de\ factor\ utilizado}$$

#### **2.4.2. Ejemplos de Productividad**

##### **Ejemplo 1**

La empresa Alexia S.A.C tiene los siguientes datos:

Tabla 4: Datos empresa Alexia SAC

FACTORES	CANTIDADES		PRECIOS	
	2015	2016	2015	2016
<b>AÑOS</b>				
<b>MOD</b>	15 trabajadores	13 trabajadores	S/.45/trabajador	S/.60/trabajador
<b>MATERIAL</b>	118kg	145kg	s/.0.50/kg	s/.0.52/trabajador

Se sabe que se obtuvo 825 unidades por día en 2015 y vende a S/.1.80 la unidad y 1325 unidades en el 2016 y se vende a s/.1.21 la unidad.

Determinar la productividad total de los años 2015 y 2016.

$$PT_{2015} = \frac{725 \text{ unidades} * \frac{1.8}{\text{unidades}}}{15 \text{ trabajadores} * \frac{70}{\text{trabajador}} + 118 \text{ kg} * \frac{0.50}{\text{kg}}}$$

$$PT_{2015} = \frac{1350}{1109} = 1.217$$

Interpretación: Por cada 1 soles que se invierte en los factores de producción se obtiene 0.217 de ganancia.

$$PT_{2016} = \frac{1325 \text{ unidades} * \frac{1.21}{\text{unidades}}}{13 \text{ trabajadores} * \frac{60}{\text{trabajador}} + 145 \text{ kg} * \frac{0.52}{\text{kg}}}$$

$$PT_{2016} = \frac{1603.25}{855.4} = 1.87$$

Interpretación: Por cada 1 soles que se invierte en los factores de producción se obtiene 0.87 de ganancia.

Tasa de variación de la productividad total.

$$TV = \frac{1.87 - 1.217}{1.217} = 53.65\%$$

La productividad total aumento en 53.65% en 2016.

### **Ejemplo 2**

Supóngase que, en una compañía manufacturera de bicicletas, se produce 10000 bicicletas empleando 50 personas que trabajan 8 horas diarias durante 25 días.

$$Productividad = \frac{Producción\ obtenida}{Cantidad\ de\ factor\ utilizado}$$

$$Productividad = \frac{10000\ bicicletas}{50 * 8 * 25\ HH}$$

$$Productividad = 1\ bicicleta/HH$$

Esta compañía tiene una productividad de 1 bicicleta/HH; esto nos quiere decir que por cada HH se fabrica 1 bicicleta.

Ahora supóngase que esta compañía aumenta si producción a 12000 bicicletas contratando 10 trabajadores más, 8 horas por día, durante 25 días.

$$Productividad = \frac{12000\ bicicletas}{60 * 8 * 25\ HH}$$

$$Productividad = 1\ bicicleta/HH$$

En este caso también se tiene una productividad de 1 bicicleta/HH; pero este resultado nos quiere decir que, aunque se aumentó la producción no aumento la productividad ya que también hubo un aumento en los trabajadores.

### **2.4.3. Ejercicio Propuesto de productividad**

Una empresa obtiene una producción de 4000 unidades empleando 370 horas de trabajo, 40 unidades de material A y 700 unidades de material B. Los datos sobre precios se refieren a continuación:

*Tabla 5: Datos ejercicio propuesto*

Precio unitario del producto:	S/.15
Precio de la hora del trabajo:	S/.55
Precio unitario del material A:	S/.130
Precio unitario del material B:	S/.4

Hallar la productividad total.

### **3. CAPITULO III: 5S**

#### **3.1. Seiri**

Consiste en separar los elementos necesarios de los innecesarios y retirar los últimos del lugar de trabajo, con el objetivo de mantener únicamente aquello que es verdaderamente útil para determinada labor y a la vez establecer un sistema de control que facilite la identificación y el retiro o eliminación de los elementos que no se utilizan (Rodríguez Cardoza, 2010, pág. 6).

La palabra seiri viene de la concepción etimológica de dos palabras, los cuales vienen de un vocablo japonés; estas palabras son “sei” y “ri” que si lo traducimos al español significan “arreglar” y “discernimiento/razón” respectivamente.

##### **3.1.1. Objetivos del Seiri**

- Prevenir accidentes y errores humanos por la presencia de objetos innecesarios
- Hacer uso efectivo del espacio físico dentro las empresas/ organizaciones
- Mejorar y facilitar la visibilidad de los materiales, documentos y otros
- Eliminar la costumbre almacenar objetos innecesarios

##### **3.1.2. Beneficios del Seiri**

- Libera espacios ocupados por cosas innecesarias
- Facilita la visualización a herramientas, materiales, documentos, y otros elementos de trabajo
- Reduce el tiempo en la búsqueda elementos de producción, documentos, herramientas, moldes y otros
- Reduce el deterioro de materiales, objetos, equipos y otros por estar almacenados prolongada-mente en sitios mal organizados
- Mejora el control de los inventarios que se van agotando
- Convierte lugares de trabajo en sitios más seguros
- Aumenta la visibilidad parcial o total en las áreas de trabajo
- Fomenta hábitos de no continuar almacenando objetos en sitios inapropiados

- Incrementa los movimientos de traslado de un lugar a otro de manera efectiva

### **3.2. Seiton**

Consiste en ordenar y acomodar los elementos necesarios de manera que facilite la búsqueda, identificación, acceso, retiro y devolución en cualquier momento. Una vez que los elementos innecesarios han sido eliminados, entonces se procede a organizar el lugar de trabajo. Para realizar el ordenamiento de los elementos necesarios se requiere definir el sitio más adecuado para colocarlos de acuerdo a la funcionalidad (Rodríguez Cardoza, 2010, pág. 7).

En su concepción etimológica la palabra seiton proviene de la unión de dos vocablos del idioma japonés: “sei” y “ton”, que traducidos al español significan “arreglar” y “ordenar/poner”, denotando una acción para disponer de los objetos necesarios fácilmente cuando se requieran.

#### **3.2.1. Objetivos del Seiton**

- Reducir el tiempo de búsqueda y movimiento de objetos
- Mejorar la identificación de los objetos
- Prevenir pérdidas de materiales y materia prima por deterioro

#### **3.2.2. Beneficios del Seiton**

- Acceso rápido a elementos de trabajo
- La limpieza puede realizarse con mayor facilidad y seguridad
- Mejora la imagen de la planta
- Agudiza el sentido de orden a través de utilización de controles visuales
- Elimina riesgos potenciales al personal mediante la demarcación de las zonas de tránsito y áreas peligrosas

### **3.3. Seiso**

Sentido de la limpieza, donde se realizan actividades de limpiar, lavar e inspeccionar. Consiste en eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de trabajo y de las instalaciones de la empresa. Desde el punto de vista del Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés).

Seiso implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza, identificando los problemas fugas, averías o fallas. (Abuhadba Ortiz, 2017).

En su concepción etimológica la palabra seiso proviene de la unión de dos vocales del idioma japonés “sei” y “so”, que traducidos al español significan “no ensuciar” y “limpiar” respectivamente, denotando una acción de mantener limpio el entorno de trabajo, empleando suministros y accesorios para la limpieza.

Esta etapa se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de los equipos de los equipos y la habilidad para producir artículos de calidad. Asimismo, éste no implica únicamente mantener los equipos dentro de una estética agradable, sino hacer una inspección minuciosa. Para ellos se requiere un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación, para que, de esta manera, se tomen acciones para eliminar dichas causas, de lo contrario sería imposible mantener limpia y en buen estado el área de trabajo. (Abuhadba Ortiz, 2017).

### **3.3.1. Objetivos del Seiso**

- Evitar que la suciedad y el polvo se adhieran al producto final y se acumulen en el lugar de trabajo.
- Visualizar rápidamente la fuga de aceite o la mancha en las maquinarias.
- Revisar la maquinaria y equipo aún si ésta se encuentra en buenas condiciones.
- Evitar que cualquier tipo de suciedad afecte el rendimiento de las máquinas.
- Hacer del lugar de trabajo un sitio seguro.

### **3.3.2. Beneficios del Seiso**

- Reduce el riesgo potencial de accidentes
- Incrementa la vida útil de los equipos, mobiliario, herramientas y demás objetos de trabajo.
- Indica fácilmente cuando existe derrame de líquidos de los equipos o máquinas.
- Aumenta la funcionalidad del equipo.

- Mejora la calidad del producto y se evitan el deterioro por suciedad y contaminación.

### **3.4. Seiketsu**

Sentido de normalización o estandarización, consiste en hacer las cosas de manera uniforme (Estandarizar) y mantener con esmero las 3 primeras S.

La limpieza estandarizada difiere de la organización, orden y limpieza. Estos tres primeros pilares son más bien actividades, algo que “hacemos”. En contraste, la limpieza estandarizada no es una actividad, es un estado, significa mantener consistentemente la organización, orden y limpieza. (Abuhadba Ortiz, 2017).

Se define como crear un estado óptimo de las tres primeras “S”, con el fin de mantener los logros alcanzados, por medio del establecimiento y respeto a las normas que permitan elevar los niveles de eficiencia en el lugar de trabajo.

En su concepción etimológica la palabra seiketsu proviene de la unión de dos vocablos japonés: “sei” y “ketsu”, que traducidos al español significan “no ensuciar” y “purificar” respectivamente, denotando la acción de esmerarse por mantener impecable la limpieza de elementos, áreas de trabajo y reducir los niveles de suciedad de cualquier tipo, es decir, se crea un ambiente agradable y de bienestar personal.

Con aplicación constante de las tres primeras “S”, no será difícil detectar problemas que aparentemente son invisibles, el cual ayudará a revelar anomalías a tiempo que ocasiona un lugar desordenado y sucio. Para ello se deben tomar acciones que den solución a los problemas.

Con la estandarización de las actividades de clasificación, orden y limpieza, se trata de mantener la eficacia de seiketsu que evite a toda costa retroceder a una situación similar a la inicial o aún peor.

Una característica que tiene seiri, seiton, seiso y seiketsu es que todas comienzan con el vocablo japonés “sei”, pero su significado en las dos primeras palabras es diferente y las

dos subsecuentes, es decir, seiri y seiton tienen el significado enfocado al orden, mientras que seiso y seiketsu denotan un significado de pulcritud. (Abuhadba Ortiz, 2017).

#### **3.4.1. Objetivos de seiketsu**

- Minimizar las causas que provocan suciedad y ambiente no confortable en el lugar de trabajo.
- Disminuir el tiempo en la realización de las tres “S” anteriores
- Proteger a los trabajadores de condiciones inseguras.
- Estandarizar y visualizar los procedimientos de operación y de mantenimiento diario.

#### **3.4.2. Beneficios de seiketsu**

- Crea un ambiente propicio para desarrollar el trabajo.
- Mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Se evitan errores que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.

### **3.5. Shitsuke**

Esta etapa final de las 5S consiste en respetar las reglas por convencimiento propio y cambiar los hábitos de trabajo mediante la continuidad y la práctica.

(Abuhadba Ortiz, 2017)

Disciplina: Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas. En su concepción etimológica la palabra shitsuke proviene de la unión de dos vocablos del idioma japonés que denotan una actitud positiva, buena disposición, buen comportamiento hacia los demás, y obediencia a las normas y reglas. (Abuhadba Ortiz, 2017).

La disciplina debe ser reconocida como la parte más importante a impulsar porque su aplicación hace que evolucionen las 4S anteriores. Además, demostrar un espíritu proactivo que impulse la realización de las actividades de mejora, teniendo la certeza que

los beneficios serán mayores cuando existe una consistencia en lo que se hace, tanto en la empresa como en la vida personal de manera que se obtengan grandes y mejores resultados, es decir, cuando todos los empleados demuestran una disciplina, la empresa obtendrá increíbles resultados en la calidad y productividad.

Para ello es necesaria arraigarla a la cultura de trabajo, requiriendo de constancia, esfuerzo y perseverancia que garantice la plena implementación de las 5S y cumpliendo diariamente con el mejoramiento continuo.

Con una disciplina facilita el proceso de perfeccionamiento de la cultura de autocontrol, es decir, una actitud a seguir con lo que se ha decidido hacer, por ejemplo: mejorar el área de trabajo. (Abuhadba Ortiz, 2017).

#### **3.5.1. Objetivos de shitsuke**

- Cambiar hábitos erróneos fomentando nuevas costumbres.
- Respetar los procedimientos de acuerdo a las responsabilidades/ deberes.
- Involucrar al personal de la empresa en evaluación de tareas.
- Desarrollar el liderazgo en los equipos de mejoras.
- Capacitar al personal en planes de mejoras.

#### **3.5.2. Beneficios de shitsuke**

- Se crea una cultura de respeto y cuidado de los recursos de la empresa
- Se crea una disciplina para cambiar hábitos.
- Fomenta el respeto a las normas establecidas y respeto entre las personas.
- Mejora el aspecto del sitio de trabajo.
- Se crea el convencimiento de lo que significa realizar mejoras en su lugar de trabajo.

## **4. CAPITULO IV: HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD REACTIVAS**

### **4.1. Diagrama de causa – efecto**

El Diagrama Causa – Efecto también es conocido como Diagrama de Espina de Pescado, por su similitud al esqueleto de un pez, o Diagrama Ishikawa en honor al Profesor Kaoru Ishikawa, quien lo desarrolló en 1943.

Es una técnica que se muestra de manera gráfica para identificar y arreglar las causas de un acontecimiento, problema o resultado.

#### **4.1.1. Pasos para elaborar un diagrama causa - efecto**

Esta herramienta se utiliza de la siguiente manera:

1. Identificar y establecer el problema o el efecto que se analizará.
2. Dibujar una caja que contenga el problema o el efecto y sobre la izquierda una espina dorsal horizontal.
3. Conducir a una sesión de tormenta de ideas. Como un primer bosquejo, para las ramas principales usted puede utilizar las siguientes categorías: o Industria de servicios: las 8 P, producto/servicio, precio, promoción, políticas, procesos, procedimientos, plaza/planta/tecnología. O Industrial: las 6 M's, mano de obra, métodos, medidas, maquinaria, materiales, madre naturaleza (ambiente).
4. Identificar las causas principales que contribuyen al efecto que es estudiado. Para esto se puede utilizar un Análisis de Pareto o un Análisis de la causa raíz.
5. Las causas principales se convierten en las etiquetas para las sucursales secundarias del diagrama.
6. Para cada rama secundaria importante, identificar otros factores específicos que puedan ser las causas del efecto. Pregunte ¿Por qué está sucediendo esta causa?
7. Identificar niveles cada vez más detallados de causas y continuar organizándolas bajo causas o categorías relacionadas.
8. Analizar diagrama.
9. Actuar sobre el diagrama y quitar las causas del problema.

Se deben incluir las causas y la pregunta sobre el porqué de ellas. Estas causas se representan de más general a más particular en las “espinas del pescado” de manera de organizar y mostrar gráficamente todas las causas del problema en particular, hasta encontrar la causa raíz del problema que es la que se debe solucionar. Existen tres métodos para la construcción de un diagrama de Ishikawa, estos son: 6M, flujo de procesos y estratificación.

#### **4.1.1.1. Método de 6M.**

Es el método de construcción más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales; método de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente.

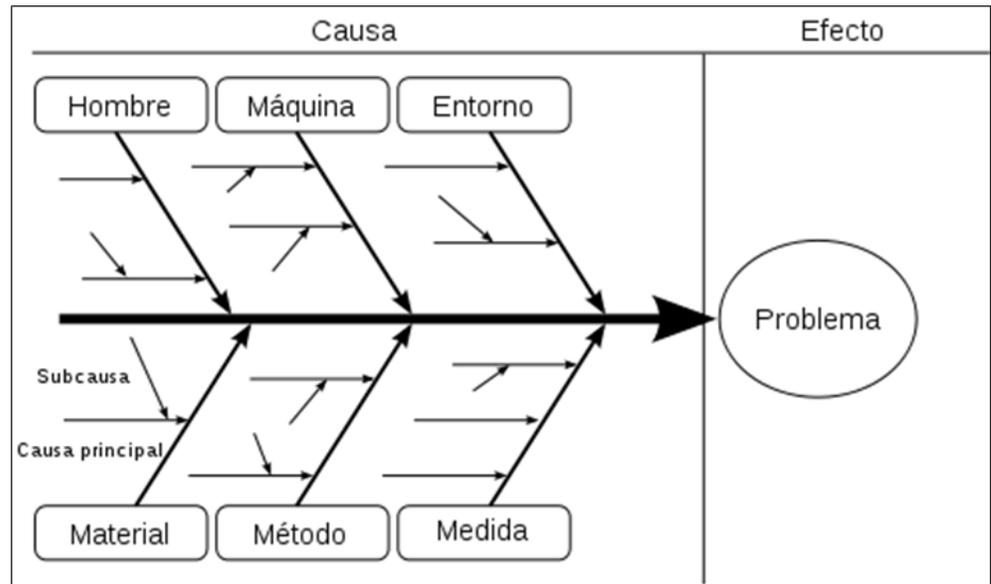
#### **4.1.1.2. Método del Flujo de Procesos**

El diagrama de Ishikawa sigue la secuencia normal del proceso productivo. Los factores que pueden afectar la calidad se agregan en el orden de los procesos.

#### **4.1.1.3. Método de Estratificación**

Este método va directamente a las causas potenciales de un problema y se realiza a través de una lluvia de ideas; es importante preguntarse al menos cinco veces el porqué del problema. Con esto se obtiene menos posibilidades y son más reducidos los resultados.

Figura 2: Esquema Diagrama de Causa Efecto o Diagrama de Ishikawa.



Fuente: Herramientas y Métodos de la Calidad.

<http://www.aiteco.com/herramie.html>

#### 4.1.2. Fortalezas y beneficios del diagrama de Ishikawa

- Ayuda a encontrar y a considerar todas las causas posibles del problema.
- Ayuda a determinar las causas raíz de un problema o calidad característica, de una manera estructurada.
- Anima la participación grupal y utiliza el conocimiento del proceso que tiene el grupo.
- Ayuda a focalizarse en las causas del tema sin caer en quejas y discusiones irrelevantes.
- Utiliza y ordena, en un formato fácil de leer las relaciones del diagrama causa-efecto.
- Aumenta el conocimiento sobre el proceso, ayudando a todos a aprender más sobre los factores referentes a su trabajo y como estos se relacionan.
- Identifica las áreas para el estudio adicional donde hay una carencia de información suficiente.

### **4.1.3. Desventaja del diagrama de Ishikawa**

En los problemas extremadamente complejos no es útil, ya que se pueden correlacionar muchas causas y muchos problemas.

### **4.1.4. Casos Prácticos**

- **Caso 1:**

En este ejemplo práctico veremos un diagrama de Ishikawa de una empresa que tiene una línea de producción paralizada durante tres turnos seguidos por un fallo en la maquinaria.

El equipo del área de producción realizará un análisis de causa raíz para solucionar el problema. Se ha determinado que las categorías para clasificar las causas serán:

- Personas
- Procesos
- Controles
- Diseño
- Tecnología
- Medio ambiente

De la verificación se determina que la máquina tiene múltiples problemas de diseño. Estos problemas no fueron detectados ni mitigados por los procesos de mantenimiento y también se obvió informar algunas alertas mientras estaba en uso (sonidos extraños). Cuando la máquina necesitaba ser reemplazada, varios problemas complicaron el proceso y alargaron su funcionamiento indebidamente. Cuando se solicitó apoyo al proveedor, no brindó un soporte adecuado.

Finalmente, el diagrama de Ishikawa terminó así:



Fuente: Elaboración Propia

Dentro de las causas encontradas se estableció realizar las siguientes medidas:

- Capacitar al personal de mantenimiento y operativo sobre detección de fallas en equipos y procedimientos operativos.
- Establecer procedimientos estándar para las diferentes áreas que guíen al personal al momento de realizar sus actividades.
- Revisar los procesos los requerimientos técnicos de las maquinarias y del proveedor para actualizarlos según las nuevas tecnologías vigentes y considerando la confiabilidad del proveedor.
- Establecer un Plan de Contingencias que defina los canales de comunicación para diferentes situaciones.
- Trabajar en la cultura de prevención de tal forma que se establezcan planes de mantenimiento preventivo que eviten fallas en los equipos.

• **Caso 2:**

Un restaurante viene recibiendo diversas quejas por su servicio de delivery.

Los tres principales problemas son:

- Pedidos incorrectos.
- Demoran más de lo “normal”.
- Pedidos llegan dañados.

El dueño, decide abordar el problema para encontrar soluciones. Uno de sus colaboradores le informa sobre el diagrama de espina de pescado de las 6M y deciden utilizarlo.

Empiezan con una lluvia de ideas, donde encuentran diferentes motivos como: el uso del embalaje incorrecto que provocó daños durante el tránsito, dirección indicada en el producto no era correcta, zonas de mucho tráfico, entre otros. El diagrama de espina de pescado quedó de la siguiente forma:



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se presentan las siguientes propuestas para mejorar el servicio de Delivery:

- Revisar las denominaciones de los productos y sus recetas, y realizar las modificaciones necesarias para que cada producto tenga una identificación única.
- Reforzar capacitación al personal.
- Cambiar el material de empaque y considerar cambiar de proveedor. Así mismo, reforzar la verificación al momento de recibir la mercadería.
- Evaluar la afiliación a un servicio de delivery tercerizado o los deliverys por aplicación.

#### 4.1.5. Casos Propuestos

- **Caso 1:**

Carlos va con algunos amigos, un día viernes después del trabajo, a un bar. Como tiene trabajo pendiente, decide llevar la laptop de la oficina a su casa para avanzar el fin de semana; sin embargo, no le dio tiempo de guardarla en casa así que la llevó al bar. Al regresar a casa, algo pasado de copas, se da cuenta que no tiene la laptop. Llama al Bar, sin embargo, le indican que no encontraron ninguna laptop.

El equipo tenía información importante y confidencial de la empresa. Carlos reporta lo sucedido al área de sistemas recién el día lunes al regresar del trabajo.

El equipo de seguridad de la información, decide realizar una investigación a fin de establecer posibles soluciones a problemas de pérdida de información.

Establecen las siguientes categorías para realizar el análisis:

- Personal.
- Métodos y Procedimientos.
- Tecnología.
- Medio Ambiente.

A continuación, detallamos los problemas encontrados tales como:

1. Trabajador perdió equipo en bar.
2. No existen procedimientos para reportar incidentes.
3. Política de contraseña débil.
4. Cifrado débil
5. Trabajador no informó inmediatamente la pérdida
6. Trabajador se encontraba ebrio
7. No existen procedimientos para controlar salida de equipos
8. Peligro de robo y asalto
9. Sin tecnología para copias de seguridad permanentes.
10. Peligro de hackers
11. Sin tecnología para eliminación remota de los datos

Con la siguiente información elaborar el diagrama causa – efecto y describir las situaciones de mejora.

- **Caso 2:**

Elena, en su primer día de trabajo, gestionó la reserva de la Sra. Yola, una de los principales clientes de un hotel en Cancún, ya que viaja constantemente por temas de negocio. La Sra. Yola tiene requerimientos específicos para su estadía que son conocidas por los recepcionistas antiguos.

Al gestionar la reserva, accidentalmente, Elena la colocó en una habitación para fumadores. Para empeorar las cosas, le entregó las tarjetas clave incorrectas y no pudieron disculparse o corregir la reserva porque el hotel estaba lleno. La Sra. Yola salió muy mortificada y decepcionada por el nivel de atención; y dado que tenía previstas reuniones de negocios en la sala de reuniones del hotel, sus socios se enteraron de los problemas que se suscitaron, y difundieron esa mala experiencia.

La Gerencia del hotel decide evaluar la situación generada con un diagrama de Ishikawa y cuenta con la siguiente información:

1. Personal nuevo
2. Falta de políticas para temporadas altas
3. No se confirmó las preferencias del cliente
4. Personal entregó tarjeta con clave errónea
5. No hubo proceso para reubicar al cliente
6. Falta de políticas para solucionar problemas con reservas
7. Personal nuevo desconoce acciones a tomar.
8. Personal desconoce falla de máquina
9. La reserva no se realizó con requerimientos del cliente
10. Personal no consulta al cliente sobre sus preferencias
11. No cuentan con sistema CRM para conocer requerimientos de clientes regulares
12. El sistema de asignación de claves a las tarjetas tiene fallas

13. No se ha comunicado la falla
14. Temporada alta de clientes
15. Los socios difundieron el problema

Asimismo, proponer acciones de mejora.

## **4.2. Listas de chequeo**

La lista de chequeo es un tipo de ayuda de trabajo informativo. Obedece también a los nombres: Listas de control u hojas de verificación.

La lista de chequeo, como herramienta metodológica está compuesta por una serie de ítems, factores, propiedades, aspectos, componentes, criterios, dimensiones o comportamientos, necesarios de tomarse en cuenta, para realizar una tarea, controlar y evaluar detalladamente el desarrollo de un proyecto, evento, producto o actividad. Dichos componentes se organizan de manera coherente para permitir que se evalúe de manera efectiva, la presencia o ausencia de los elementos individuales enumerados o por porcentaje de cumplimiento u ocurrencia. Oliva (2009).

En otras palabras, se entiende por lista de chequeo (check-list) un listado de preguntas, en forma de cuestionario que sirve para verificar el grado de cumplimiento de determinadas reglas o actividades establecidas con un fin determinado. La lista de chequeo es en sí misma, una ayuda para la memoria, al proporcionar un método para una rápida verificación de los ítems planteados según el tipo de asunto a controlar. Contribuyen a normalizar o estandarizar líneas de acción sistemáticas detallando cada uno de los puntos de actividad o proceso. En síntesis, afirma Oliva (2009, p. 9) “las listas de chequeo son dispositivos metodológicos y nemotécnicos, que reducen la complejidad para comprobar solamente los elementos importantes, con ello reducen errores de omisión”.

### **4.2.1. Pasos para la elaboración de una lista de chequeo**

Falzatev (2012) plantea que los pasos a seguir para construir una lista de chequeo, son:

1. Hacer la lista de actividades o tareas a verificar.

2. Denominar los atributos (lo cualitativo) y variables (lo cuantitativo) a verificar de cada actividad.
3. Determinar, del paso anterior, la importancia o impacto de cada atributo y variable en el resultado final.
4. Definir la frecuencia de verificación: Mensual, quincenal, semanal o diaria.
5. Tener claridad sobre quien realizará la verificación. Si es un proceso largo, se deben distribuir las responsabilidades de verificación entre las personas que participan, de tal manera que cada una de ellas se enfoque en unos pocos atributos o variables a controlar.
6. Diseñar el formato de verificación. Dependiendo del volumen de información recopilada se pueden requerir formatos individuales para cada frecuencia de verificación.

#### **4.2.2. Uso del checklist**

Las listas de chequeo tienen por propósito reducir las fallas que pueden presentarse en la ejecución de una actividad y compensar las limitaciones de la memoria humana y la atención. En términos generales, suelen ser utilizadas para realizar comprobaciones rutinarias, de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento de las condiciones previamente diseñadas. Cada punto chequeado amerita un “visto bueno”.

Una buena lista de chequeo exige claridad sobre:

- Los aspectos a controlar.
- Los criterios de conformidad.
- El responsable de realizar el chequeo.
- Las observaciones que se generan sobre cada aspecto.

Las listas de Chequeo pueden aplicarse de manera particular a:

1. **Tareas rutinarias:** “Cosas” que realizan las personas de manera periódica, para dar cumplimiento a los compromisos laborales, familiares o personales. El objetivo es ejecutar lo requerido, sin necesidad de pensarse cada vez en

cuáles son estas acciones. Según se realizan se van tachando y por ende controlando que no se deja de hacer algo importante.

2. **Tareas complejas (periódicas o puntuales):** El punto clave de este tipo de listas es que se piensan una vez y se usan las veces que se requiera. Si no se tienen perfectamente definidas, acordadas y al alcance de todos, las listas de chequeo para afrontar situaciones críticas, se da lugar a la improvisación y a puntos de criticidad, muchas veces innecesarios.
3. **A modo de lista de inventario:** Operan como un registro de elementos a tener en cuenta, de cara a una compra, un viaje o un montaje, entre otros. Las listas de chequeo en este caso facilitan que las acciones se cumplan de manera más rápida y que no se olvide algo importante.

Las listas de chequeo deben permanecer vivas, para dar posibilidad a mejorarlas.

#### **4.2.3. Tipos de listas de chequeo**

Según Mancera (2008) existen diferentes formatos de lista de chequeo para diversas actividades, programas o elaboración de productos, lo cual significa que para cada asunto a controlar se debe elaborar una lista de chequeo particular. Cuando la lista de chequeo se orienta a la comprobación, se dice que pertenece al tipo simple, su propósito es indicar si el enunciado es afirmativo o negativo, si se realizó o no. Quien responde debe indicar la intensidad de su veracidad u ocurrencia o que no se aplica, si es el caso.

Figura 3: Formato Checklist.

**LISTA DE CHEQUEO:**  
**CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FABRICADOS**

Ítem/s inspeccionado/s:	Fecha:
Puntos chequeados: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>	Inspector:

**1. Componentes usados**

¿Los componentes usados son correctos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se poseen los registros de recepción de los componentes?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
Código de los informes de recepción:	

**2. Actividades realizadas**

¿Se siguieron los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se usaron las revisiones vigentes de los procedimientos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se rellenaron los registros y estos son correctos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

**3. Incidencias**

¿Producto final conforme?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Existe alguna incidencia relacionada?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
Código incidencias relacionadas:	

**4. Tiempos de producción**

¿Existieron retrasos en la fabricación?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Hubo máquinas indisponibles?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/P

**5. Entrega y logística**

¿Producto correctamente identificado?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Producto conforme a las especificaciones del cliente?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A

**Observaciones**

NOTA: N/A = No aplicable. N/P = No presenciado.

Fuente: <http://www.pdcahome.com/check-list/>

El recurso gráfico también se constituye en opción a la hora de elaborar una lista de chequeo y de ilustrar la presencia o ausencia de comportamientos adecuados frente a una situación.





#### **4.2.6. Casos Propuestos**

- Elaborar una lista de chequeo para realizar inspección de botiquines y camillas.
- Elaborar un alista de chequeo para inspeccionar el clima laboral de una empresa.

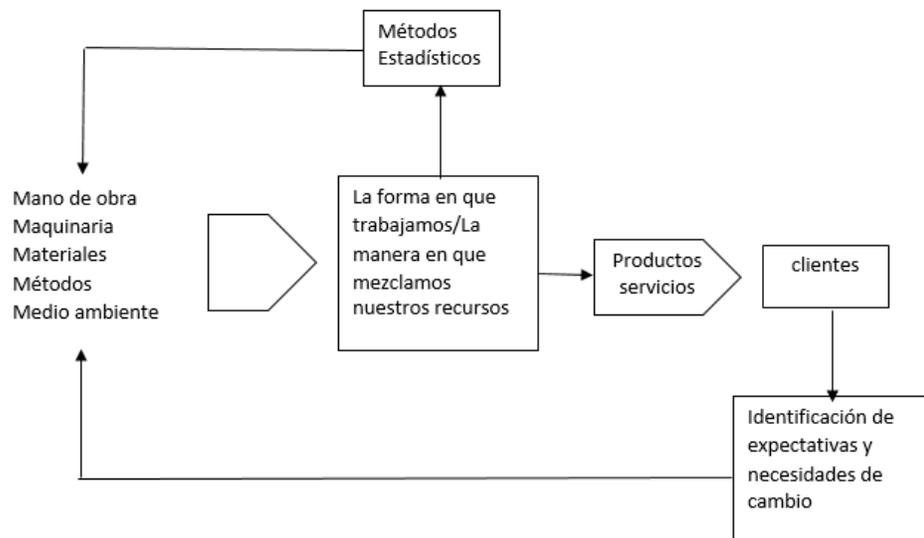
### **4.3. Gráficos de control**

#### **4.3.1. Gráfica de control**

Una de las herramientas de análisis y solución de problemas es la gráfica de control. Es un diagrama que muestra los valores producto de la medición de una característica de calidad, ubicados en una serie cronológica. En él establecemos una línea central o valor nominal, que suele ser el objetivo del proceso o el promedio histórico, junto a uno o más límites de control, tanto superior como inferior, usados para determinar cuándo es necesario analizar una eventualidad. (Betancourt D. , 2021).

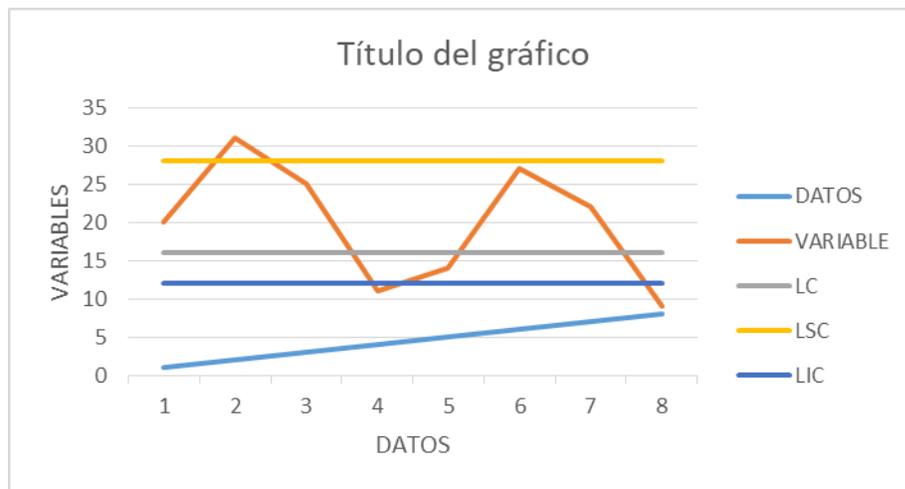
Los Gráficos de Control consisten básicamente de una línea central, marcada por la media de la variable que se está monitoreando, y 2 líneas límite, conocidas como límites de LOS GRÁFICOS DE CONTROL superior e inferior, las cuales marcan los valores dentro de los que se espera deberá moverse la variable del proceso, a fin de que éste se halle bajo control. Esto se ilustra gráficamente en la siguiente figura. (Izar, 2004).

Figura 5: Sistema de control de procesos.



Fuente: Elaboración Propia, control de procesos para adaptarlo en una gráfica de control.

Figura 6: Ejemplo de Gráfica de Control



Fuente: Elaboración Propia, ejemplo de graficas de control

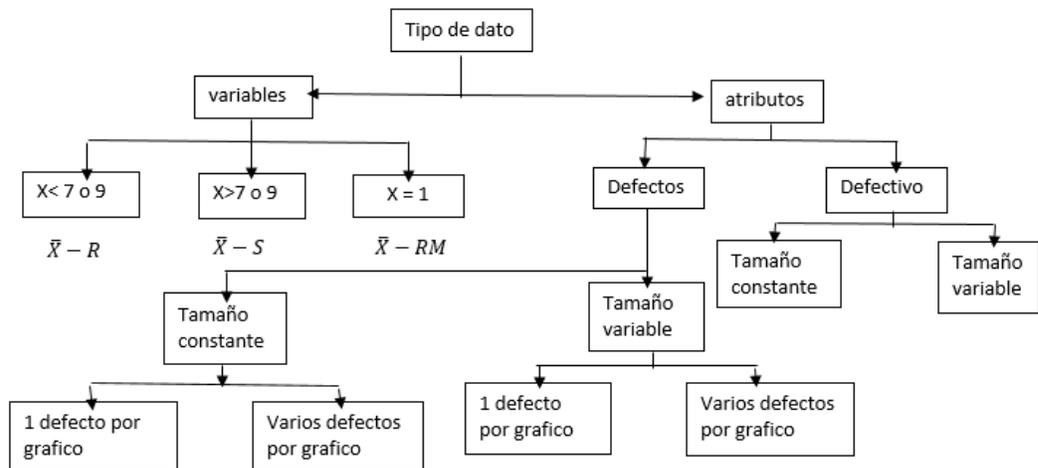
En general, se dice que un proceso está bajo control cuando todos los puntos del mismo quedan entre los límites superior e inferior de control del proceso. No obstante,

lo anterior, existen casos en los cuales a pesar de que todos los puntos se localicen dentro de los límites, el proceso no está bajo control. (Izar, 2004).

### 4.3.2. Guía Para La Selección Del Tipo De Grafica De Control.

Existen diferentes tipos de Gráficos de Control y su correcta aplicación está relacionada con el tipo y cantidad de datos que tengamos. Podremos elegir la gráfica correcta, si nos apoyamos en el siguiente diagrama:

Figura 7: Guía para Elegir Gráfica de Control



Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.3. Gráfica de control por variables $\bar{X} - R$

Este tipo de gráfico es el más conocido y usual de todos; consiste en graficar medias y rangos de los subgrupos formados con los datos de la variable que se desea controlar.

La media de los datos del subgrupo  $x_i$ , es simplemente el promedio aritmético de los mismos, mientras que el rango  $R$ , será la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de los datos del subgrupo. (Izar, 2004).

Por su parte, los límites de control y la línea central se establecen mediante las siguientes fórmulas:

- **Para Medias**

Límite Superior De Control(LSC)

$$LSC = \bar{X} + A_2\bar{R}$$

Límite Central (LC)

$$LC = \bar{X}$$

Límite Inferior de Control(LIC)

$$LSC = \bar{X} - A_2\bar{R}$$

Donde:

$\bar{X}$  = Media de las medias de los subgrupos

$\bar{R}$  = Media de los rangos de los subgrupos

$A_2$  = Depende del tamaño del subgrupo

- **Por su parte para Rangos**

Límite Superior De Control(LSC)

$$LSC = D_4\bar{R}$$

Límite Central (LC)

$$LC = \bar{R}$$

Límite Inferior de Control(LIC)

$$LSC = D_3\bar{R}$$

Donde:

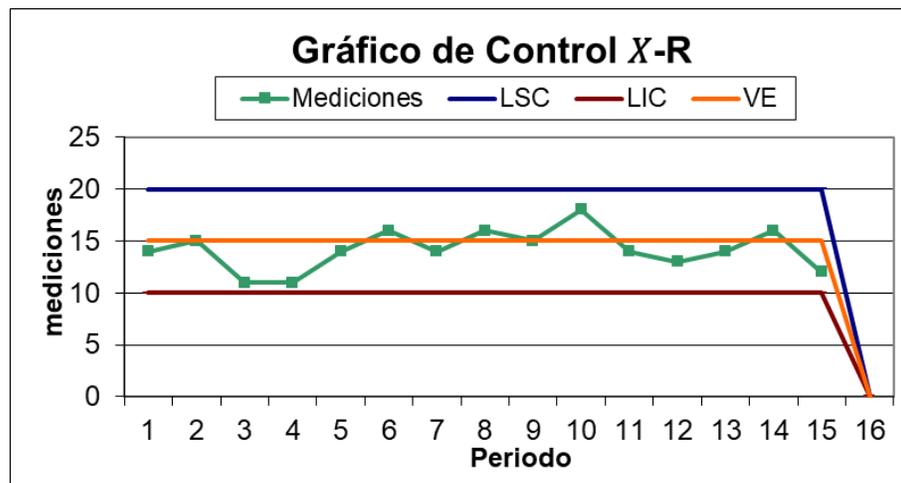
Donde los parámetros  $D_3$  y  $D_4$  dependen también del tamaño del subgrupo

### **Ejemplo 1:**

Una empresa desea controlar y verificar si los cortes de una máquina fresadora en una medición exacta, dando como límite superior de 20 mm y como límite inferior de 10 mm y desea que valor esperado de corte sea 15mm.

Límite Superior de Control (LSC)	
Límite Inferior de Control (LIC)	
Valor Esperado (VE)	

Período	Mediciones	LSC	LIC	VE
1	14	20	10	15
2	15	20	10	15
3	11	20	10	15
4	11	20	10	15
5	14	20	10	15
6	16	20	10	15
7	14	20	10	15
8	16	20	10	15
9	15	20	10	15
10	18	20	10	15
11	14	20	10	15
12	13	20	10	15
13	14	20	10	15
14	16	20	10	15
15	12	20	10	15



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.4. Gráfica de control por variables $\bar{X} - S$

Cuando un gráfico  $\bar{X} - S$  quiere tener mayor potencia para detectar cambios pequeños en el proceso, se incrementa el tamaño de subgrupo  $n$ . Pero si  $n > 10$ , el gráfico de rangos, ya no es eficiente, para esto se recomienda utilizar la carta X-S.

El gráfico de control X-S se aplica a procesos masivos, en los que se quiere tener una mayor potencia para detectar cambios pequeños. Generalmente cuando el tamaño de subgrupos es de  $n > 10$ .

**Ejemplo 1:**

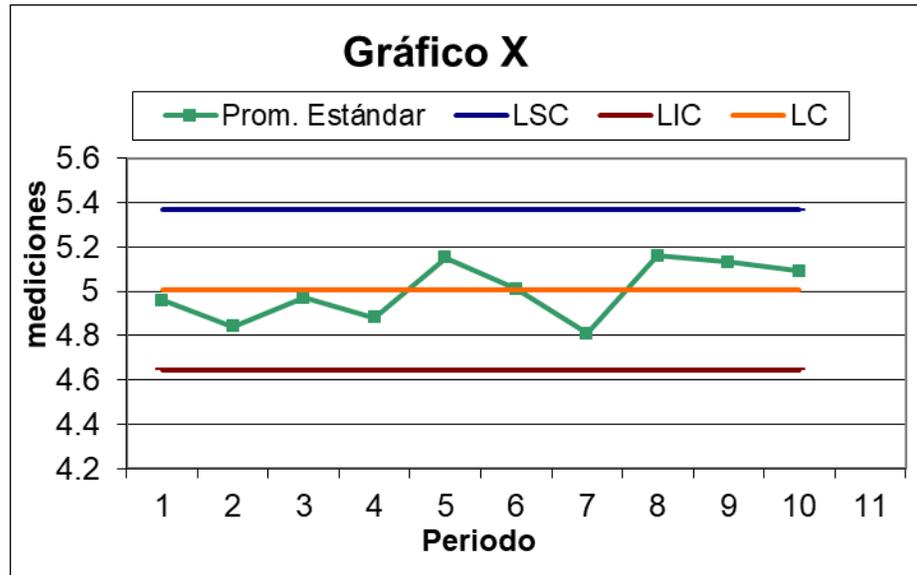
Una empresa productora de lápices quiere saber si sus trabajadores están trabajando de acuerdo a los límites establecidos de producción por lo cual elaborara un diagrama  $\bar{X} - S$  de cada hora de trabajo obteniendo como promedio los siguientes datos.

Gráfico X:

*Tabla 6: Datos Ejemplo 1*

Muestra	Prom. Estándar	LSC	LIC	LC
1	4.96	5.368	4.647	5.008
2	4.84	5.368	4.647	5.008
3	4.97	5.368	4.647	5.008
4	4.88	5.368	4.647	5.008
5	5.15	5.368	4.647	5.008
6	5.01	5.368	4.647	5.008
7	4.81	5.368	4.647	5.008
8	5.16	5.368	4.647	5.008
9	5.13	5.368	4.647	5.008
10	5.09	5.368	4.647	5.008

Figura 8: Gráfica X



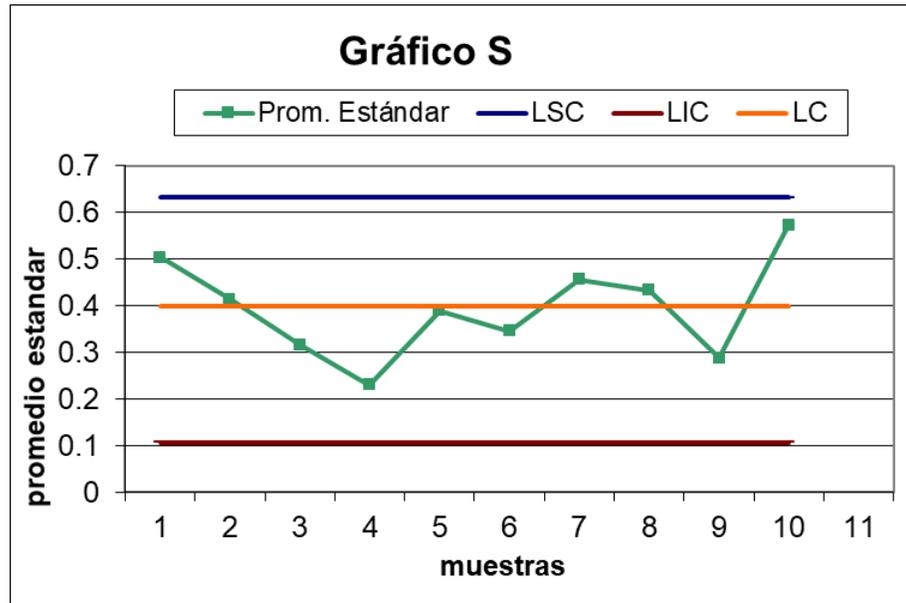
Fuente: Elaboración Propia

Gráfico S:

Tabla 7: Datos gráfico S

Muestra	Prom. Estándar	LSC	LIC	LC
1	0.5037	0.6321	0.106	0.399
2	0.4141	0.6321	0.106	0.399
3	0.3164	0.6321	0.106	0.399
4	0.2299	0.6321	0.106	0.399
5	0.3894	0.6321	0.106	0.399
6	0.3456	0.6321	0.106	0.399
7	0.4562	0.6321	0.106	0.399
8	0.4328	0.6321	0.106	0.399
9	0.2876	0.6321	0.106	0.399
10	0.5725	0.6321	0.106	0.399

Figura 9: Gráfica S



Fuente: Elaboración Propia

Nota: Los datos obtenidos en las muestras son viables de tomar ya que se encuentran dentro de los límites de producción.

#### 4.4. Diagramas de flujo

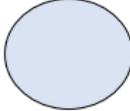
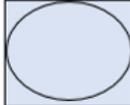
##### 4.4.1. Diagramas de Operaciones (DOP).

Es un diagrama de carácter global en el cual se presenta el proceso completo desde que ingresa la materia prima hasta que sale el producto terminado. El diagrama incluye materia prima insumos, operaciones, inspecciones, tiempos, maquinas, puntos de ensamble, componentes entre otros.

Presenta un cuadro general de cómo se suceden las operaciones y las inspecciones sin importar quien las ejecute.

#### 4.4.1.1. Símbolos usados en EL DOP

Figura 10: Explicación de los Símbolos del diagrama de operaciones (DOP)

<b>OPERACION</b>		La operación sucede cuando se cambia alguna de las características físicas o químicas de un objeto, cuando se ensambla o cuando se empaca. Es decir, son aquellas actividades que normalmente agregan valor.
<b>INSPECCION</b>		La inspección sucede cuando se examina un objeto para verificar la cantidad o la calidad de cualquiera de sus características
<b>ACTIVIDAD COMBINADA</b>		Los símbolos se combinan siempre que se necesite ilustrar la realización de dos actividades diferentes en una misma estación de trabajo

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Esta figura muestra los diferentes símbolos que se utilizan en el DOP y su respectivo uso.

#### 4.4.1.2. Encabezado del diagrama de operaciones.

Cualquier diagrama debe reconocerse por medio de la información insertada en su parte superior. Es práctica común encabezar la información que distingue a estos diagramas con la frase diagrama de operaciones.

Sin embargo, siempre serán necesarios ciertos datos: método actual o método propuesto, número de plano, número de la pieza u otro número de identificación, fecha de elaboración del diagrama y nombre de la persona que lo hizo, tal como se muestra en la figura siguiente. (Gervasi, 2012).

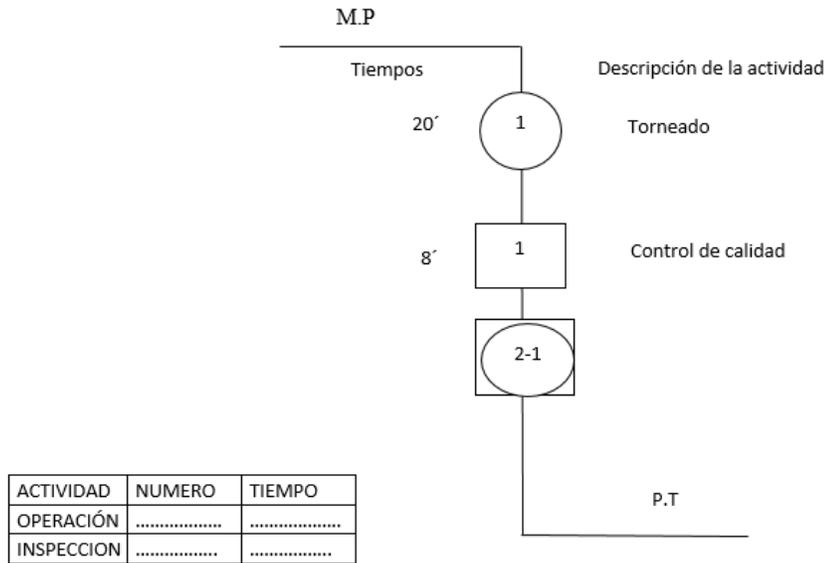
Figura 11: Ejemplo de encabezado del DOP

TIPO DE DIAGRAMA: DIAGRAMA DE OPERACIONES	DEPARTAMENTO: FABRICA.
METODO: TRADICIONAL	ELABORADO POR: DAVID ZURITA CONDORI
OPERACIÓN: FABRICACIÓN DE JUEGO DE SABANAS	FECHA: 11/11/2020

Fuente: Elaboración Propia

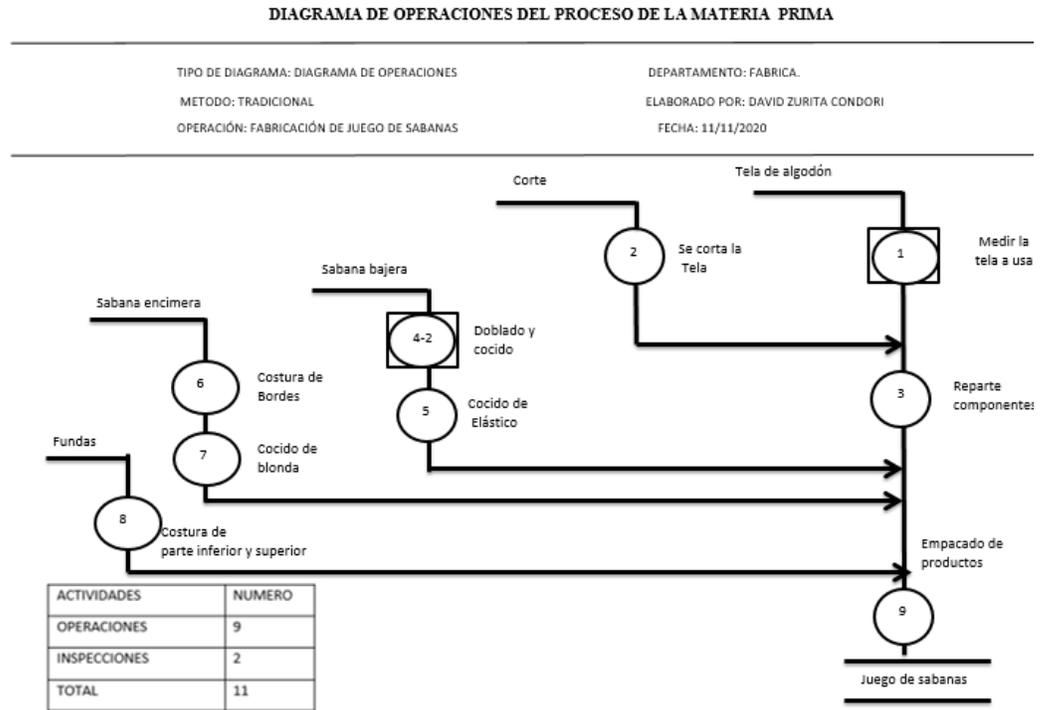
Nota. La figura nos muestra las características que debe contener el encabezado del DOP.

Figura 12: Numeración de operaciones e inspecciones.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13: Ejemplo DE DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA LA PRODUCCION DE SABANAS



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2. Diagrama de Análisis del Proceso (DAP)

Es un diagrama de detalle, usualmente para una componente del producto o un operario en el que se muestran: operaciones, inspecciones, transportes, demoras, almacenamientos, tiempos, distancias, materiales, medios de transporte, entre otros. Permite el análisis más exhaustivo del proceso.

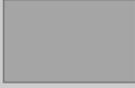
Es un DOP al que se le añade los transportes, las esperas y los almacenamientos. Incluye información de tiempos y distancias.

Hay 3 tipos según a quién se le hace el seguimiento:

- DAP del Material
- DAP del Operario
- DAP de la Máquina

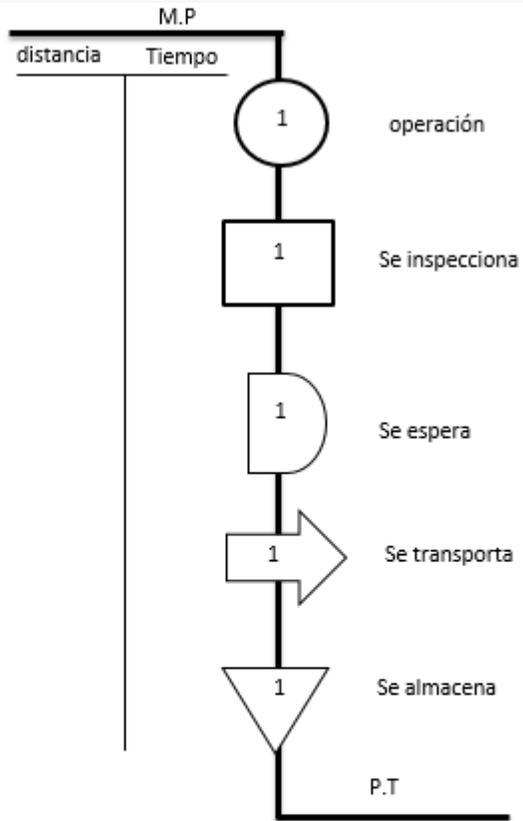
#### 4.4.2.1. Símbolos utilizados en el DAP

Figura 14: símbolos del Diagrama de análisis de Procesos (DAP)

<b>OPERACION</b>		La operación sucede cuando se cambia alguna de las características físicas o químicas de un objeto, cuando se ensambla o cuando se empaca. Es decir, son aquellas actividades que normalmente agregan valor.
<b>INSPECCION</b>		La inspección sucede cuando se examina un objeto para verificar la cantidad o la calidad de cualquiera de sus características
<b>TRANSPORTE</b>		El transporte se presenta cuando se mueve un objeto de un lugar a otro (especialmente de un puesto de trabajo a otro), excepto cuando tal movimiento es parte de la operación o es provocado por el operador de la estación de trabajo durante la operación o inspección
<b>DEMORA</b>		Un objeto tiene demora cuando las condiciones no permiten que se realice de inmediato el siguiente paso según el plan
<b>ALMACENAJE</b>		El almacenaje se da cuando un objeto se mantiene protegido contra la movilización no autorizada

Fuente: Elaboración Propia, esta figura muestra cuales son los símbolos del DAP y su respectiva explicación y uso.

Figura 15: Diagrama de Análisis de Procesos numeración de símbolos.



ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA
OPERACIÓN	.....	.....	.....
INSPECCION	.....	.....	.....
TRANSPORTE	.....	.....	.....
ESPERA	.....	.....	.....
ALMACENADO	.....	.....	.....

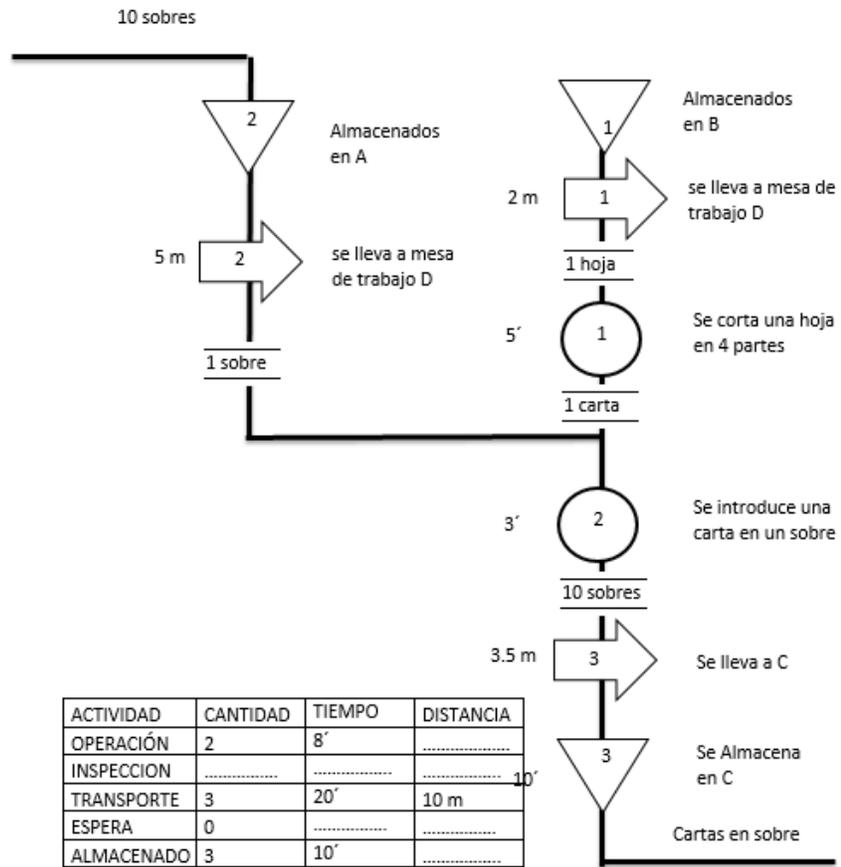
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.2.2. Tipos de diagrama de operaciones

##### A. DAP del Material (Tipo Material):

Si se sigue al material, producto, pieza o impreso en la cadena productiva. En este tipo de diagrama se usa para la descripción los términos: se demora, se almacena, se transporta, se carga. (Gervasi, 2012).

Figura 16: Diagrama de análisis de Procesos (DAP) tipo material



Fuente: Elaboración propia, adaptado de apuntes de ing. De métodos (p. 42), por V. G. Oscar, 2012, Universidad Católica Santo Torivio de Mogrovejo

**B. DAP del Operario (Tipo Hombre)**

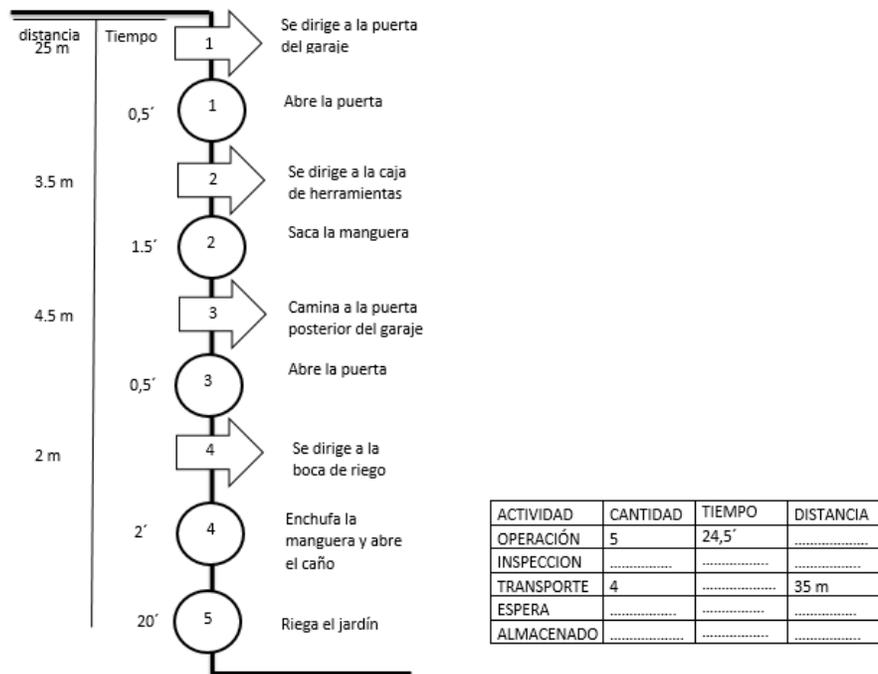
Cuando se sigue al operario en el trabajo que está realizando. Se emplea términos como: va, carga, imprime, inspecciona, etc. La utilización primordial de este diagrama es en el estudio de los costos ocultos en el proceso: transportes, demoras, almacenajes.

**Ejemplo 1:**

El Sr. Sánchez se encuentra sentado en su Porche. A las 6 de la tarde decide regar el jardín, sale del Porche y se dirige al garaje (0.5') y camina

hacia la caja de herramientas (3mt.) en 1.5'. Allí coge la manguera que está dentro de una caja (1.5') y la lleva a la puerta trasera del garaje (4.5mt.), abre la puerta (0.58') y continúa transportando la manguera hasta la boca de riego (llave del caño), situada en la parte posterior del garaje (3mt.). Enchufa la manguera y abre la llave del caño simultáneamente (2'), luego comienza regar el jardín (20'). Se pide:

Figura 17: Diagrama de análisis de Procesos (DAP) tipo hombre

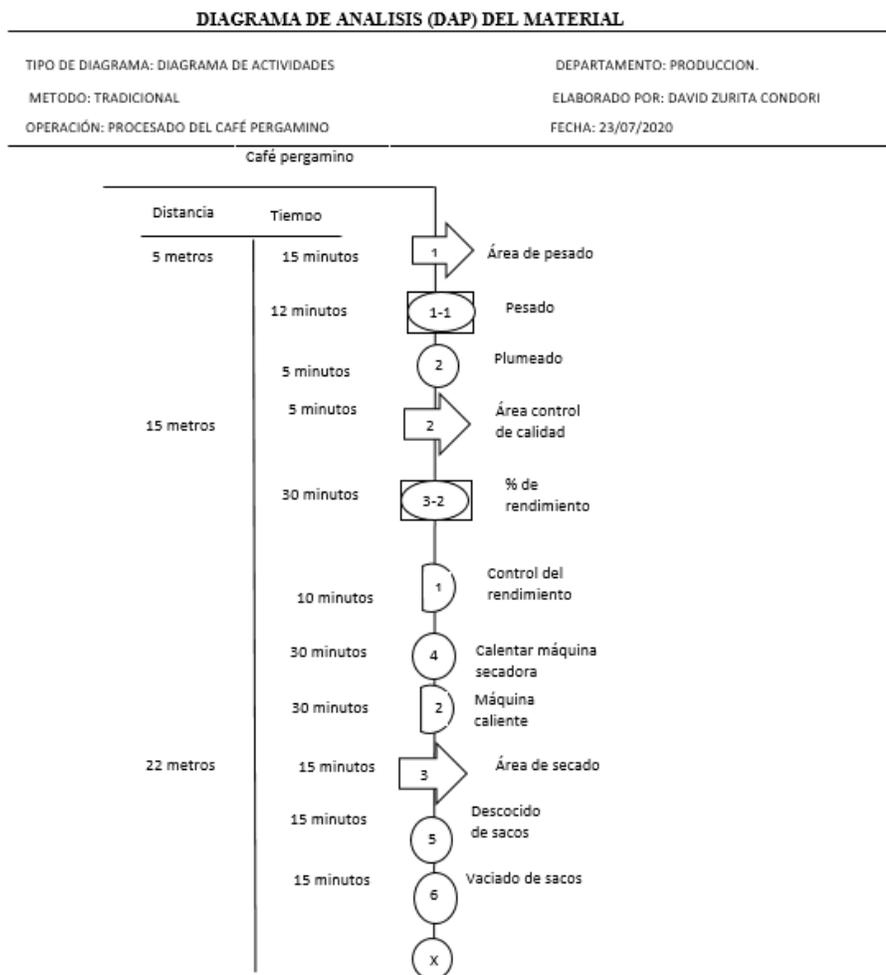


Fuente: Elaboración propia, adaptado de apuntes de ing. De métodos (p. 42), por V. G. Oscar, 2012, Universidad Católica Santo Torivio de Mogrovejo

### C. DAP de la Máquina (Tipo Máquina)

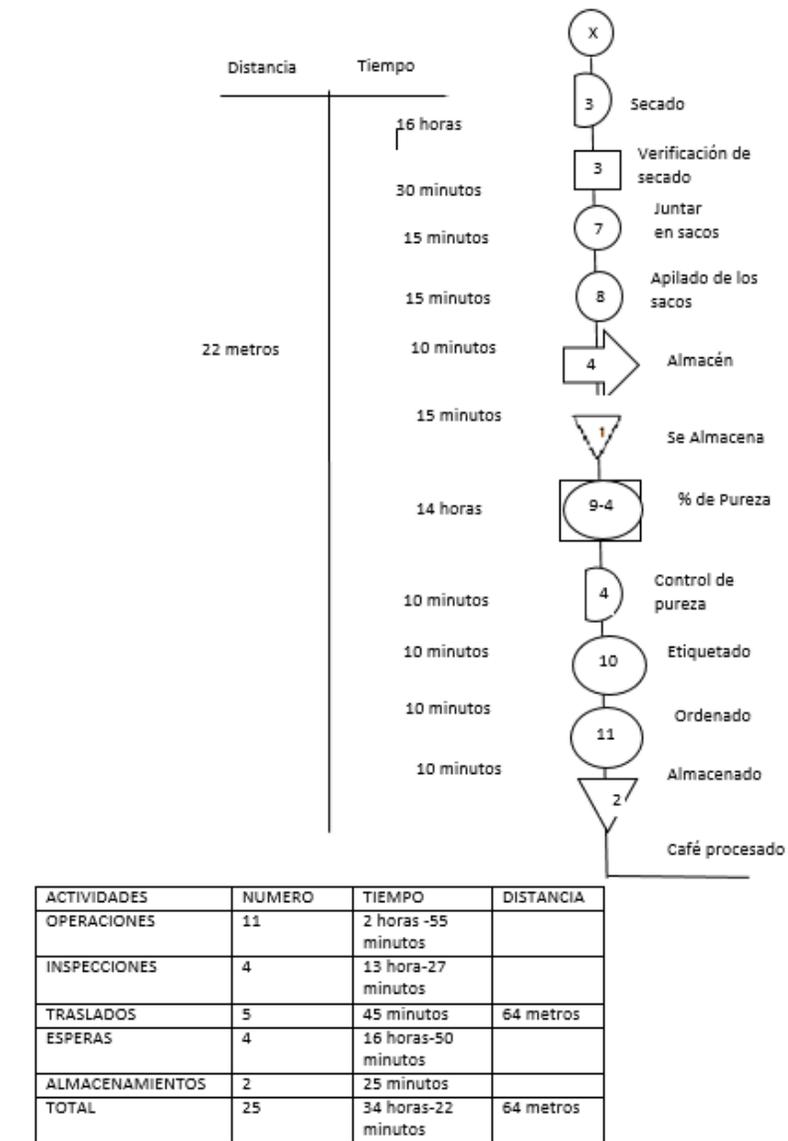
Cuando se sigue a la máquina que está operando. Se emplean términos como, fresado, torneado, cepillado, etc.

Figura 18: DAP del procesado del café pergamino en grano Parte 1



Fuente: Elaboración propia, adaptado de apuntes de ing. De métodos (p. 42), por V. G. Oscar, 2012, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Figura 19: DAP del procesado del café pergamino en grano Parte 2



Fuente: Elaboración propia, adaptado de apuntes de ing. De métodos (p. 42), por V. G. Oscar, 2012, Universidad Católica Santo Torivio de Mogrovejo.

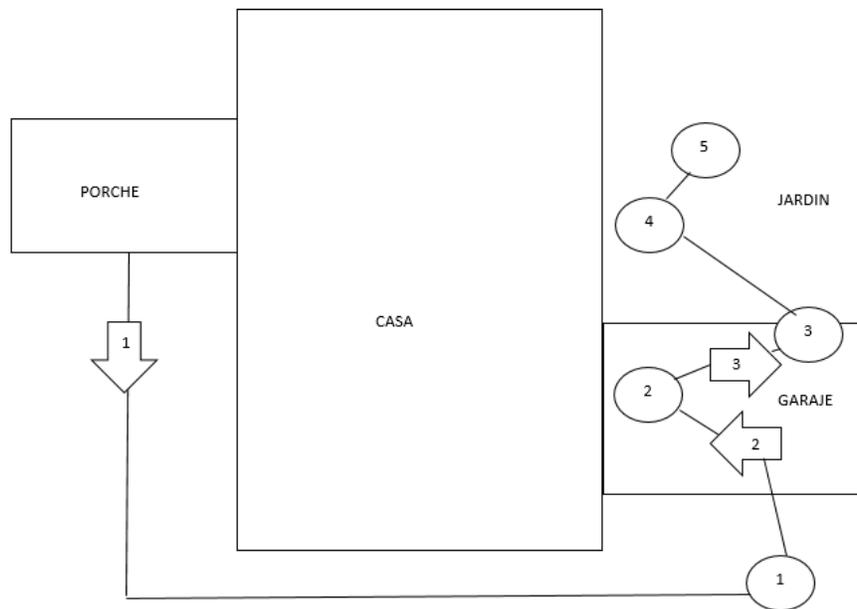
#### 4.4.2.3. Diagrama de circulación

Es un esquema de distribución de planta en un plano bio tridimensional a escala, que muestra dónde se realizan todas las actividades que aparecen en el diagrama

de actividades del proceso (DAP). La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y numerada de acuerdo con el DAP.

1. **Recorrido:** Cuando el diagrama de análisis de proceso usado es de tipo material. En este caso se seguimiento a la pieza, el cual analiza las mecanizaciones, los movimientos y las transformaciones que sufre la materia prima.
2. **Hilos:** Cuando el diagrama de análisis de proceso usado es de tipo hombre, donde se analiza los movimientos y las actividades de la persona que efectúa la operación Este puede obtenerse clavando alfileres en los diversos puntos del trabajo que sucesivamente recorre el operario y haciendo pasar un hilo de alfiler a alfiler en la forma y orden que se mueve el operario. (Gervasi, 2012).

*Figura 20: Ejemplo de Diagrama de circulación*



Fuente: Elaboración propia, adaptado de apuntes de ing. De métodos (p. 42), por V. G. Oscar, 2012, Universidad Católica Santo Torivio de Mogrovejo.

#### 4.5. Histogramas

Es una herramienta para hacer seguimiento de la variación. Es en términos sencillos una “instantánea” del proceso, que muestra:

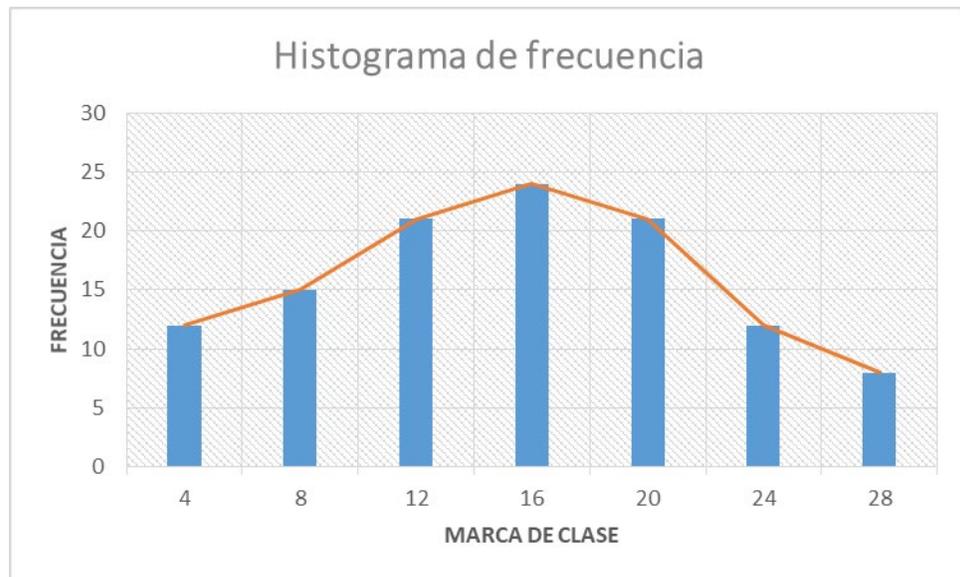
- a) La dispersión de las mediciones.
- b) La cantidad existente en cada una de las mediciones.

Un histograma puede ser utilizado con datos discretos o continuos y la forma que adopta da también información valiosa respecto a la población de donde se obtuvo la muestra. Los datos que tomamos de un proceso, cualquiera sea su naturaleza, presenta dispersión. (Bocangel Weydert, 2019)

Ejemplo 1:

Realizar el histograma de la siguiente tabla de frecuencia.

<b>Im</b>	<b>Is</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Marca de Clase</b>
<b>2</b>	6,1	12	4
<b>6,1</b>	10,1	15	8
<b>10,1</b>	14,1	21	12
<b>14,1</b>	18,1	24	16
<b>18,1</b>	22,1	21	20
<b>22,1</b>	26,1	12	24
<b>26,1</b>	28	8	28
<b>TOTAL</b>		92	



#### 4.6. Gráfico de Pareto

Esta gráfica permite asignar un orden de prioridades para la toma de decisiones de una organización y determinar cuáles son los problemas más graves que se deben resolver primero.

Su finalidad, es hacer visibles los problemas reales que están afectando el alcanzar los objetivos de la empresa y reducir las pérdidas que esta posee.

Además, permite evaluar previamente, cuáles son las necesidades del público objetivo y cómo satisfacerlas con nuestro producto o servicio, logando también, el objetivo de la mercadotecnia. (Zousa, 2020).

#### Ejemplo1. Diagrama de Pareto.

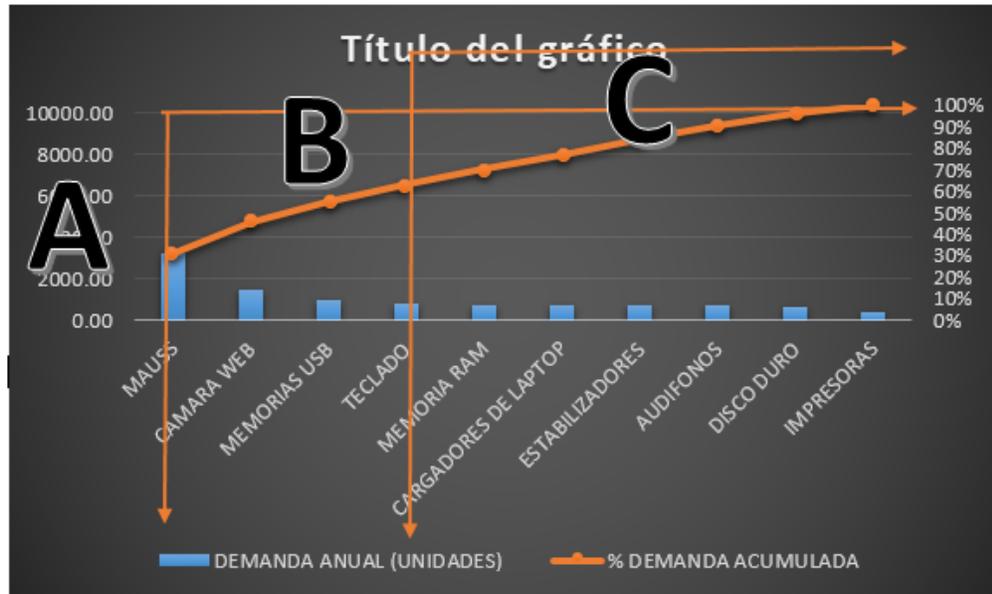
De acuerdo a la siguiente tabla hacer el análisis ABC o diagrama de Pareto de los siguientes productos de una tienda de computadoras de acuerdo a sus ventas anuales.

Figura 21: datos de las ventas de la empresa de computadoras en un año

PRODUCTO	DEMANDA ANUAL (UNIDADES)	PRECIO (UNITARIO)	VENTAS ANUALES	VENTAS ACUMULADAS	% VENTAS ACUMULADAS	TIPO	%
IMPRESORAS	400.00	S/. 400.00	S/. 160,000.00	S/. 160,000.00	18.49%	A	73.95%
DISCO DURO	600.00	S/. 250.00	S/. 150,000.00	S/. 310,000.00	35.82%	A	
CAMARA WEB	1500.00	S/. 80.00	S/. 120,000.00	S/. 430,000.00	49.69%	A	
MEMORIA RAM	750.00	S/. 150.00	S/. 112,500.00	S/. 542,500.00	62.69%	A	
MAUSS	3250.00	S/. 30.00	S/. 97,500.00	S/. 640,000.00	73.95%	A	
ESTABILIZADORES	700.00	S/. 130.00	S/. 91,000.00	S/. 731,000.00	84.47%	B	20.61%
AUDIFONOS	680.00	S/. 65.00	S/. 44,200.00	S/. 775,200.00	89.58%	B	
CARGADORES DE LAPTOP	720.00	S/. 60.00	S/. 43,200.00	S/. 818,400.00	94.57%	B	
TECLADO	800.00	S/. 40.00	S/. 32,000.00	S/. 850,400.00	98.27%	C	5.43%
MEMORIAS USB	1000.00	S/. 15.00	S/. 15,000.00	S/. 865,400.00	100.00%	C	
TOTAL	10400.00		S/. 865,400.00				

Fuente: Elaboración Propia

Figura 22: Diagrama de Pareto o Análisis ABC



Fuente: Elaboración Propia

En A la distribución será por producto.

En B la distribución será por proceso o por producto.

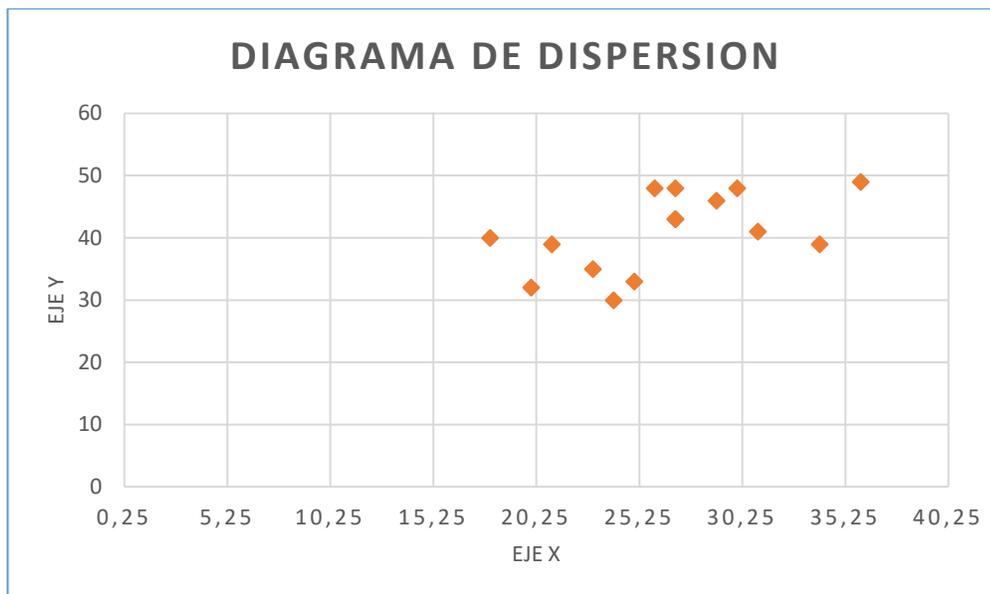
En C la distribución será por proceso.

#### 4.7. Diagrama de dispersión

Es una herramienta gráfica que permite demostrar la relación existente entre dos clases de datos y cuantificar la intensidad de dicha relación.

Se utiliza para conocer si efectivamente existe una correlación entre dos magnitudes o parámetros de un problema y, en caso positivo, de qué tipo es la correlación. (ROLDÁN, 2020, pág. 2).

Figura 23: Diagrama de Dispersión



Fuente: Elaboración Propia

La secuencia a seguir para realizar un diagrama de dispersión es:

1. Recoger y ordenar los datos que se cree que tienen una posible correlación. Los datos son recogidos en una tabla, indicando el número de muestras y los valores de las características que se quiere investigar. Es conveniente que el número de mediciones sea de al menos 30.

**Ejemplo:**

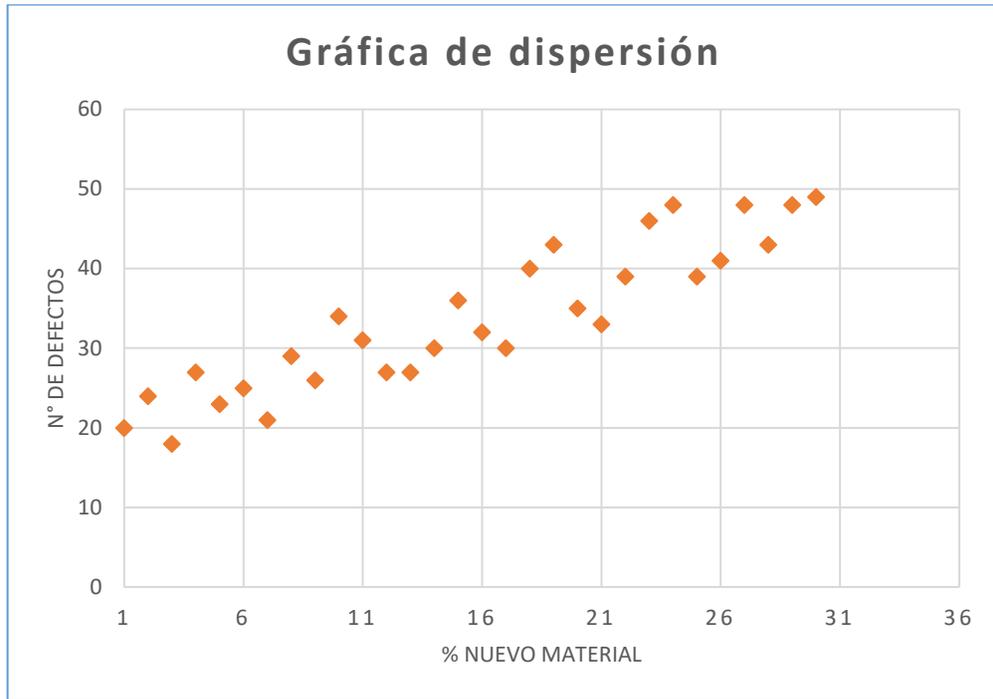
Una empresa se plantea cambiar la composición de uno de sus productos utilizando un nuevo material. Antes de tomar una decisión, la empresa decide realizar un ensayo para estudiar la posible relación entre la utilización de dicho material y el número de defectos. Para ello analiza lotes con diferentes porcentajes del nuevo material y toma los siguientes datos:

Tabla 8: Datos Gráfica de Dispersión

% Nuevo Material	N° de defectos	% Nuevo Material	N° de defectos
1	20	3,4	32
1,2	24	3,6	30
1,3	18	3,8	40
1,4	27	4	43
1,6	23	4,2	35
1,7	25	4,4	33
1,8	21	4,5	39
2	29	4,6	46
2,2	26	4,8	48
2,3	34	5	39
2,4	31	5,2	41
2,6	27	5,4	48
2,8	27	5,6	43
3	30	5,8	48
3,2	36	6	49

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Gráfica de Dispersión



Fuente: Elaboración Propia

Una vez construido el diagrama se analiza la forma que tiene la nube de puntos obtenida, para así determinar las relaciones entre los dos tipos de datos. Este análisis puede efectuarse por técnicas estadísticas que permitan determinar si existe o no relación, y el grado de existencia en su caso. Las herramientas utilizadas son:

- La recta de regresión
- El coeficiente de correlación lineal

#### 4.7.1. Cálculo de la recta de regresión.

Según (ROLDÁN, 2020, pág. 5) La recta de regresión es la línea que mejor representa a un conjunto de puntos. La función que aproxima la recta es:

$$\hat{y} = a + bx$$

Donde:

$\hat{y}$  = variable dependiente (causa)

a=ordenada en el origen.

b=pendiente de la recta de regresión

X=variable independiente (efecto)

La pendiente se halla mediante la expresión:

$$b = \frac{\sum xy - n\hat{x}\hat{y}}{\sum x^2 - n\hat{x}^2}$$

$$a = \hat{y} - b\hat{x}$$

X=valores de la variable independiente

Y=valores de la variable dependiente

$\hat{x}$ = media de los valores de x

$\hat{y}$ = media de los valores de y

N= número de observaciones o pares de datos

### **Ejemplo:**

Calculamos la recta de regresión a partir de los siguientes datos:

$\sum x = 100,8$   $\sum y = 1012$   $\sum x^2 = 407,12$   $\sum y^2 = 36600$   $\sum xy = 3777$   $\bar{x} = 3,36$   $\bar{y} = 33,73$

$$b = \frac{\sum xy - n\hat{x}\hat{y}}{\sum x^2 - n\hat{x}^2} = \frac{3777 - (30)(3,36)(33,73)}{407,12 - (30)(3,36)^2} = \frac{377}{68,432} = 5,5$$

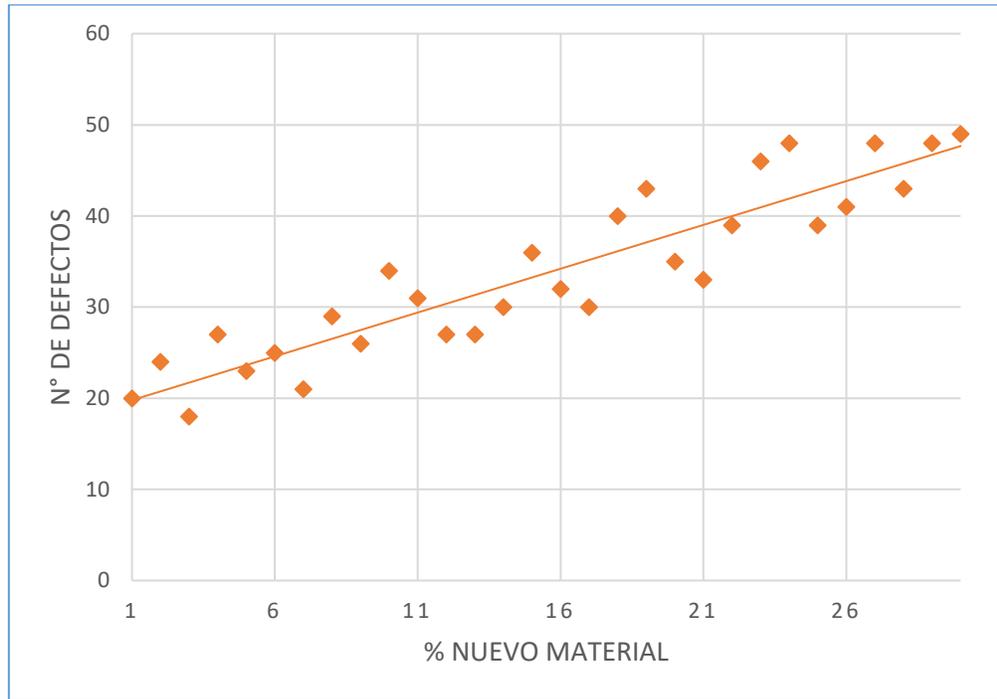
$$a = \hat{y} - b\hat{x} = 33,73 - 5,5(3,36) = 15,25$$

$$y = 15,25 + 5,5x$$

Representamos en el gráfico la recta de regresión:

$$y = 15,25 + 5,5x$$

Figura 25: Representamos en el gráfico la recta de regresión:



Fuente: Elaboración Propia

Observamos que existe una clara correlación entre los datos.

#### 4.7.2. Coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación lineal  $r$ , viene determinado por la expresión:

Toma valores comprendidos entre  $-1$  y  $1$ . Cuanto más próximo a  $0$  sea  $r$  menor será la relación entre los datos, y cuanto más próximo a  $1$  (en valor absoluto) mayor será dicha relación. Su signo indica si se da una relación positiva o negativa entre las variables  $x$  e  $y$ . (ROLDÁN, 2020, pág. 7)

Ejemplo:

Calculamos el coeficiente de correlación:

$$b = \frac{\sum xy - n\hat{x}\hat{y}}{(\sum x^2 - n\hat{x}^2)(\sum y^2 - n\hat{y}^2)} = 0.918$$

El valor obtenido es muy próximo a 1, lo que nos confirma que la correlación es fuertemente positiva.

## **5. CAPITULO V: ESTUDIO DE MÉTODOS Y TRABAJO**

De acuerdo con (Betancourt, 2021) el estudio del trabajo se explica mencionando que existían dos técnicas especiales:

- El estudio de métodos.
- La medición del Trabajo.

Así mismo existen otros autores que relacionan todo este concepto como sinónimo de lo que algunos llaman análisis de operaciones.

Esto ya da una idea de lo que se pretende explicar en este capítulo, así como se pretende explicarlo de manera correcta para un mejor entendimiento.

Preguntas importantes aparecen al hablar de este tema en específico, una de estas es:

¿Para qué haremos un estudio de métodos?

Sencillamente se puede responder a esta pregunta con una sola frase, “Para incrementar la productividad del Trabajo”

Por lo tanto, para llevarlo a cabo se debe diseñar, formular y sobre todo seleccionar los mejores procesos, insumos, métodos e incluso la materia prima que logre mejorar el trabajo. Y para lograrlo de manera adecuada se requiere atravesar etapas de estudio o ingeniería de métodos.

### **5.1. Etapas**

#### **5.1.1. Seleccionar**

Para poder seleccionar el trabajo que se va a estudiar se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Aspectos económicos o aspectos involucrados a la eficiencia en función de los costos.
- Aspectos técnicos.
- Aspectos humanos.

Como estudiantes de ingeniería seguramente nos resulta familiar mencionar que las empresas no disponen de recursos ilimitados para mejorar todo de acuerdo al estudio que vayamos a realizar; cabe mencionar que por recursos se entiende que hablamos de tiempo, dinero y personal.

Así pues, se podría decir que nos conviene elegir aquello que realmente generará un gran impacto, y para elegir de forma ideal y no alejada del sentido común se deben tener algunas consideraciones que a continuación se mencionarán.

De acuerdo con (Betancourt, 2021) estas consideraciones son:

- Operaciones con una proporción de causas – consecuencias muy marcada (una situación tipo Pareto, para que se entienda mejor)
- Cuellos de botella que ralentizan la producción.
- Actividades muy repetitivas y que involucran mucho personal.
- Transporte de material por largas distancias.
- Fijación sobre los productos que más rentabilidad generan.
- Fijación sobre los productos que más tiempo de producción requieren.
- Fijación sobre los procesos que generan más desperdicios.

Ahora, no todos los escenarios son iguales, para algunos debemos considerar algunos aspectos diferentes a estos, los cuales son:

- **Consideraciones técnicas o tecnológicas**

Se habla de consideraciones técnicas o tecnológicas cuando es posible mejorar u optimizar un trabajo con un cambio en algún equipo a través de una inversión en su mejora o cambio de diseño.

En estos casos antes de dar una recomendación descabellada es necesario hacer una evaluación de BENEFICIO-COSTO, si esta se inclina positivamente hacia el BENEFICIO que posiblemente se obtendrá, es necesario que se intente mejorarlo.

- **Consideraciones humanas**

Por otro lado, cuando vayamos a tomar consideraciones humanas es necesario primero entrevistar a los trabajadores, ellos serán quienes nos notificarán que existen problemas en su área. Ya sea por la monotonía, el ritmo de trabajo o el cansancio que generan las operaciones en las que participan.

### **5.1.2. Registrar**

Para registrar se debe tener en cuenta que el observador, en este caso usted se debe encontrar muy alerta y no debe hacer más de una observación al mismo tiempo, esto no es con motivo de evitar la fatiga, sino que es con motivo de no fallar ni anotar mal todos los eventos observados.

Para el registro nos podemos valer de hojas, formatos elaborados de acuerdo a lo que se requiere observar, etc. Sin embargo, muchos Ingenieros asombrosos han diseñado ya Herramientas en forma de gráficos y diagramas.

En esta etapa será crucial el uso y la revisión de diagramas de hilo, gráficos de trayectoria, diagrama de actividades, diagrama bimanual, para que de esta forma la toma de notas sea precisa y esté a la altura de la calidad que se nos exige como ingenieros o estudiantes de una carrera de ingeniería

Uno de los más usuales datos que se registran a partir de la observación en una empresa es el estudio de tiempos, para ello nos valdremos de un cronómetro, un tablero para poner nuestro formato de toma de tiempos.

Este formato se puede apreciar en la siguiente parte el cual fue recuperado de una publicación de Salazar (2019)

Figura 26 Formato para el Estudio de Tiempos

				ESTUDIO DE TIEMPOS					
Departamento:				Estudio N°					
				Hoja N°		De			
Operación:				Comienzo:					
				Final:					
Estudio N°:		Instalación:		Tiempo trans.					
Herramientas y calibradores:				Operario:					
				Ficha N°:					
Método actual:		Piezas / Unidad		Observado por:					
Producto:		Número:		Fecha:					
Plano N°:		Material:		Aprobado por:					
Descripción del elemento	V	C	T.R	T.O	Descripción del elemento	V	C	T.R	T.O
V = Valoración / C = Cronometraje / T.R = Tiempo restado / T.B = Tiempo básico									

Otro estudio que generalmente incide en su registro para los datos observados es el Estudio de Movimientos, para ello usaremos el formato de Diagrama Bimanual, como el que se muestra a continuación, el cual fue recuperado de una publicación de Salazar (2019):



la forma en la que se realizan (manual o automática) todo esto nos lo menciona (Betancourt D., 2019).

#### **5.1.4. Plantear Alternativas**

Es estrictamente necesario conocer cada aspecto de la empresa, cabe mencionar que es muy importante que ningún dato en el registro sea mal manipulado, eso podría hacer que las conclusiones que saquemos no mejoren en nada el problema ficticio que hayamos mal detectado. Hay diversas formas de realizar el planteamiento de alternativas, de acuerdo con Betancourt D. (2019) se puede involucrar a todo el personal para que se pueda de esta forma idear el método que va a mejorar el puesto o el proceso identificado para ello nos debemos hacer las siguientes preguntas:

- ¿Qué debemos hacer?
- ¿Dónde debemos hacerlo?
- ¿Cuándo debemos hacerlo?
- ¿Quiénes lo deben hacer?
- ¿Cómo lo deben hacer?

#### **5.1.5. Definir**

Se debe diseñar y definir el nuevo método y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.

Una vez tomada la decisión acerca de los cambios que se adoptarán, es importante que el nuevo método sea definido cuidadosamente.

##### **5.1.5.1. Normas de Ejecución**

En todos los trabajos que no se ejecuten con máquinas herramientas de tipo uniforme o con maquinaria especial que virtualmente regule el proceso y los métodos, más vale consignar por escrito las normas de ejecución, es decir, llenar la hoja de instrucciones del operario, que tiene varios propósitos:

1. Deja constancia del método perfeccionado, con todos los detalles necesarios, que puede ser consultada más tarde.
2. Puede utilizarse para explicar el nuevo método a la dirección, a los capataces y a los operarios. Informa a los interesados, y entre ellos a los ingenieros de la fábrica, acerca del nuevo equipo que se precisa o de los cambios que habría que hacer en la disposición de las máquinas o los lugares de trabajo.
3. Facilita la formación o readaptación de los operarios, que la pueden consultar hasta que se familiarizan por completo con el nuevo método.
4. En ella se basan los estudios de tiempos que se hacen para fijar normas, aunque los elementos no se descompongan necesariamente del mismo modo que los movimientos.

La hoja de instrucciones indica en términos sencillos los métodos que debe aplicar el operario. Por lo general se necesitan tres tipos de datos:

1. Herramientas y equipo que se utilizarán y condiciones generales de trabajo.
2. Método que se aplicará. La abundancia de detalles dependerá de la naturaleza de la tarea y del volumen probable de la producción. Si la tarea va a ocupar a varios operarios durante varios meses, la hoja de instrucciones quizá deba explicar hasta el menor detalle, incluso los movimientos de los dedos.
3. Un diagrama de la disposición del lugar de trabajo y posiblemente croquis de las herramientas, plantillas y dispositivos de fijación especiales.

Se puede observar una hoja de instrucciones simple el mismo procedimiento se aplica para casos más complicados, aunque en algunos la descripción puede ocupar varias páginas y tal vez sea necesario dibujar en páginas aparte la disposición del lugar de trabajo y demás diagramas. A medida que se generalizan los curso gramas trazados en formularios ya impresos, se acostumbra cada vez

más añadir a la hoja de instrucciones una copia en limpio del curso grama que corresponda, para aclarar mejor la breve descripción de la hoja.

*Figura 28: Ejemplo de hoja de Instrucciones*

HOJA DE INSTRUCCIONES			
PRODUCTO:		EQUIPO	
OPERACIÓN:			
CONDICIONES DE TRABAJO:			
LUGAR:		FECHA:	
OPERARIO:			
E	MANO DERECHA	E	MANO IZQUIERDA
1		1	
2		2	
3		3	

Nota: instrucciones de herramientas y métodos de trabajo para operarios.

### 5.1.6. Implantar

Las fases finales del procedimiento básico son tal vez las más difíciles, y se necesita entonces la cooperación activa de la dirección y de los sindicatos. Ahí adquieren especial importancia las dotes personales del especialista en estudio del trabajo, su capacidad para explicar clara y sencillamente lo que propone, su don de gentes y su aptitud para inspirar confianza.

La implantación del nuevo método puede subdividirse en cinco fases:

1. Obtener la aprobación de la dirección.
2. Conseguir que acepte el cambio el jefe del departamento o del taller.

Ya hemos examinado esas dos etapas y sería inútil empeñarse en seguir adelante si han sido un fracaso.

1. Conseguir que acepten el cambio los operarios interesados y sus representantes.
2. Enseñar el nuevo método a los trabajadores.

3. Seguir de cerca la marcha del trabajo hasta tener la seguridad de que se ejecuta como estaba previsto.

Si se proponen cambios que influyan en el número de trabajadores empleados en la operación, como suele ocurrir, deberá consultarse lo antes posible a los representantes de los trabajadores. Los planes para cambiar la distribución de la mano de obra se deben estudiar con todo cuidado, a fin de ocasionar el mínimo de trastornos o molestias. No hay que olvidar que incluso el obrero que ejecuta una operación por sí solo no es una entidad aislada en el taller o empresa donde trabaja. Si no forma parte de un equipo, igual pertenece a una sección o departamento y está acostumbrado a ver alrededor suyo a los mismos compañeros y a pasar la hora de la comida con ellos. Aunque trabajen a una distancia que les impida conversar, pueden verse y, de vez en cuando, tal vez bromear o quejarse de los superiores. Se han adaptado unos a otros, y si se traslada a alguno de repente, aunque no sea más que al otro extremo del taller, se lo quita de su círculo social y se lo hará sentir un poco perdido sin sus compañeros, y a éstos sin él. Cuando se trata de una cuadrilla o equipo de trabajo, los lazos son todavía más estrechos, y romperlos puede tener graves consecuencias para la productividad, pese a la mejora de los métodos. Sólo en los años treinta se empezó a reconocer la importancia del comportamiento del grupo en el lugar de trabajo.

El especialista que lo olvide se arriesga a provocar entre los trabajadores, sin necesidad, una resistencia a las reformas propuestas. Al llevar a cabo las tres primeras etapas de la implantación resalta la importancia de dar instrucción y capacitación previas en estudio del trabajo a todos los interesados: dirección, personal dirigente subalterno y representantes de los trabajadores. La gente está más dispuesta a aceptar la idea de un cambio si sabe y comprende lo que va ocurriendo que si se encuentra ante transformaciones efectuadas como por arte de magia. Si los cambios conciernen a un equipo de trabajo, resulta a menudo preferible mantener discusiones con el grupo en su conjunto, en lugar de hacerlo individualmente con cada uno de sus integrantes. De esa manera, el grupo podrá expresar su punto de vista y sus reparos.

### **5.1.7. Mantener en uso (Vigilancia)**

Una vez implantado el nuevo método, es importante mantenerlo en uso tal como estaba especificado y no permitir que los operarios vuelvan a lo de antes o introduzcan elementos no previstos, salvo con causa justificada.

Para mantener un método es necesario primero definirlo y especificarlo claramente, sobre todo cuando se piense utilizarlo para establecer normas de tiempo en las cuales basar las primas por rendimiento o para otros fines. Es preciso especificar las herramientas, la disposición del lugar de trabajo y los elementos de movimiento, de forma que no exista posibilidad alguna de mala interpretación. La minuciosidad de los detalles que hayan de darse dependerá de la tarea misma.

Es necesario que el departamento de estudio del trabajo vigile la aplicación del método, porque de lo contrario, dada la naturaleza humana, obreros y capataces o encargados tenderían a apartarse de las normas establecidas. Muchas discusiones sobre los tiempos tipo se deben a que el método seguido no corresponde ya al especificado porque se le infiltraron elementos nuevos, lo que no hubiera ocurrido vigilándolo debidamente. Si se ve que se puede hacer una mejora (y son pocos los métodos en que no caben tarde o temprano mejoras, muchas veces a propuesta del operario), procede entonces incorporarla oficialmente, establecer una nueva especificación y fijar nuevas normas de tiempo.

El procedimiento para mantener un nuevo método puede depender del tipo de relaciones establecidas entre el especialista en estudio del trabajo y el sector de la empresa en donde se ha implantado dicho método. Algunos especialistas están afectados de forma permanente a un sector determinado y, en consecuencia, están en condiciones de efectuar el seguimiento de los métodos aplicados. Cuando ese no es el caso y el especialista debe pasar de un sector a otro, puede requerirse el establecimiento de un procedimiento formal de control o de verificación, si todos los métodos introducidos en un momento determinado están sujetos a examen luego de determinado período. La ventaja de este procedimiento consiste en que, al precisar la realización de un control según un calendario predeterminado, estimulará

probablemente la adhesión de los trabajadores y los capataces al método especificado.  
(Kanawaty, 1998, pág. 176).

## **6. CAPITULO VI: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.**

### **6.1. Economía de movimientos**

La secuencia de los movimientos deberá facilitar el aprendizaje, el ritmo y minimizar el número total de movimientos necesarios. Los movimientos de las manos deben quedar confinados a la clasificación más baja.

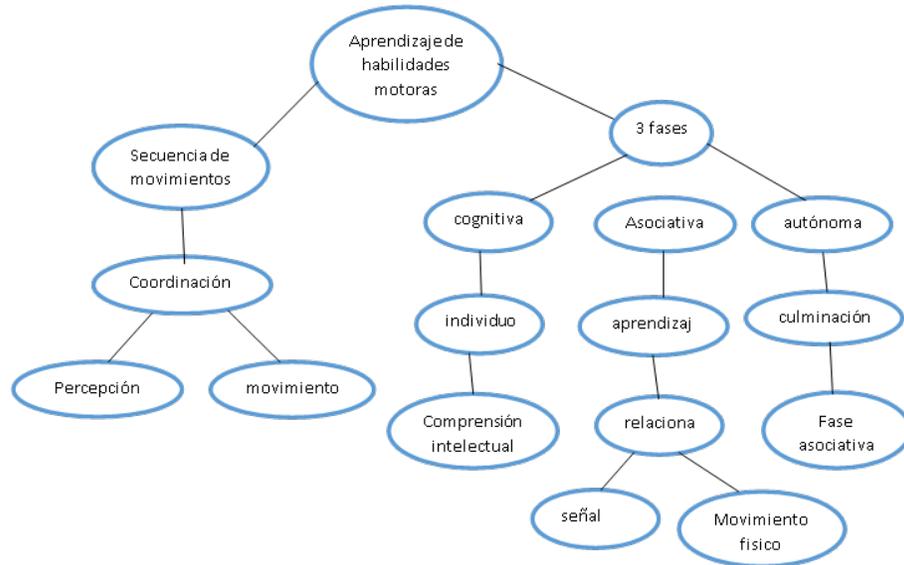
- Movimientos de los dedos.
- Movimientos que comprenden dedos y muñeca.
- Movimientos que comprenden dedos, muñecas y antebrazo.
- Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo y brazo.
- Movimientos que comprenden dedos, muñeca, antebrazo, brazo y hombro.

Este principio sirve para realzar la importancia de localizar el material y las herramientas lo más cerca posible del punto de utilización y que los movimientos de las manos deban ser lo más cortos posible. El ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de una operación; se debe disponer el área de trabajo para permitir un ritmo fácil y natural. El ritmo puede interpretarse de dos formas diferentes:

- Rapidez o velocidad con que se hacen los movimientos repetidos como andar o respirar.
- Un movimiento regular, uniforme y recurrente es rítmico, aunque no de tal impresión.

Un operario voluntariamente puede disminuir su ritmo, introducir movimientos extraordinarios para generar retrasos o interrupciones; por lo tanto, resulta difícil determinar el ritmo natural de cualquier persona y es necesario entrenarlo en el método, calificarlo y dar los suplementos necesarios para su recuperación.

Figura 29: Grafica de Aprendizaje de habilidades motoras



Fuente: Elaboración Propia

El trabajo deberá distribuirse lo más simétricamente posible, entre las dos manos y los dos pies:

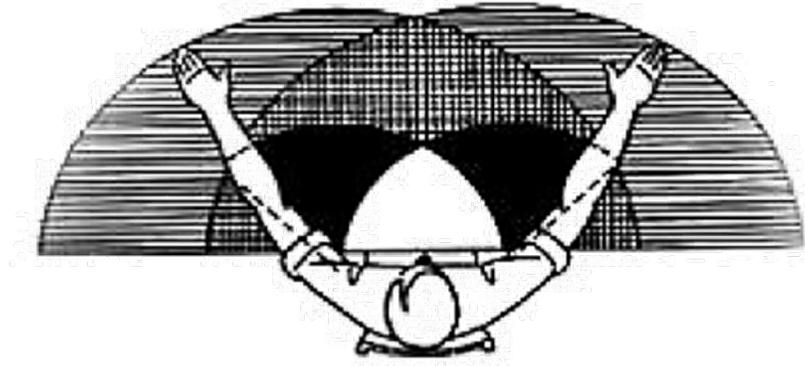
Figura 30: Grafica Habilidades, destrezas, capacidades y eventos



Fuente: Elaboración Propia

- Las manos deben comenzar y terminar sus movimientos a la vez.

- Las manos no deben permanecer inactivas a la vez, excepto durante los periodos de descanso.



- Los movimientos de los brazos deben hacerse simultáneamente en direcciones opuestas y simétricas.
- Son preferibles los movimientos suaves y continuos de las manos a los movimientos en zigzag o en línea recta con cambios de dirección repentinos y bruscos.
- Debe disponerse el trabajo de modo que permita un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible.
- Los puntos en que se fija la mirada deben ser tan escasos en número y tan próximos entre sí como sea posible.
- Debe disponerse el trabajo de modo que permita un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible.
- Los movimientos de las manos deben quedar confinados a la clasificación más baja compatible con la posibilidad de ejecutar satisfactoriamente el trabajo

Estos principios están ligados entre sí y pueden estudiarse mejor a la vez. En estos casos, se logra distribuyendo trabajo similar a la izquierda y a la derecha del lugar de trabajo. Los movimientos simétricos de los brazos se tienden a equilibrar y reducen los choques sobre el cuerpo y permiten al operario ejecutar su tarea con esfuerzos mentales y físicos

menores; este equilibrio también genera menor tensión. Esto sucede, por ejemplo, en el montaje de perno, arandelas, guasa y tuerca:

$$\text{Incremento de producción en \%} = \frac{\left( \frac{Pz \text{ producidas}}{\text{por minuto, método nuevo}} \right) - \left( \frac{Pz \text{ producidas}}{\text{por minuto, método antiguo}} \right)}{\left( \frac{Pz \text{ producidas}}{\text{por minuto, método antiguo}} \right)} \times 100$$

$$\text{Ahorro de tiempo en \%} = \frac{\left( \frac{Tpo \times pz}{\text{método antiguo}} \right) - \left( \frac{tpo \times pz}{\text{método nuevo}} \right)}{\left( \frac{Tpo \times Pz}{\text{método antiguo}} \right)} \times 100$$

## 6.2. Diseño de la estación de trabajo

El diseño de estaciones de trabajo en la ingeniería industrial es una de los fundamentos de la carrera. Siendo fundamental para que los trabajadores y la maquinaria tengan un desempeño óptimo y seguro.

Algunas definiciones:

- **Estación de trabajo:** El puesto de trabajo es el lugar que un trabajador ocupa cuando desempeña una tarea. Algunos ejemplos de puestos de trabajo son las cabinas o mesas de trabajo desde las que se manejan máquinas, se ensamblan piezas o se efectúan inspecciones; una mesa de trabajo desde la que se maneja un ordenador; una consola de control; etc.
- **Ergonomía:** El objetivo de la ergonomía es diseñar el lugar de trabajo de manera tal que se adecúe a las capacidades humanas para impedir problemas tales como lesiones.
- **Antropometría:** Estudio de las dimensiones y medidas humanas con el propósito de comprender los cambios físicos del hombre y las diferencias entre sus razas y sub-razas. Se emplean datos estadísticos sobre la distribución de medidas corporales de la población para optimizar los productos.

Antes de iniciar el diseño del puesto de trabajo será conveniente analizar los siguientes aspectos:



Los responsables del diseño deben considerar:



- **Requerimiento de la labor:** Se debe considerar el tipo de trabajo que se va desempeñar, como punto de partida para su diseño.
- **Postura de trabajo:** Es la posición que el cuerpo adopta al desempeñar un trabajo. Generalmente se considera que más de una articulación que se desvía de la posición neutral produce alto riesgo de lesiones.

- **Características del usuario:**
  - Edad
  - Dimensiones de sus segmentos corporales
  - Peso
  - Condición física
  - Grado de visión
  - Habilidades manuales
  - Obesidad

### **6.2.1. Procedimiento de evaluación de puesto de trabajo**

1. Conozca la empresa a la que pertenece el puesto, su sector productivo, su estructura jerárquica, los turnos y horarios, la planificación y organización del tiempo de trabajo, la estructura sindical... Describa estos aspectos en la introducción de su documento de evaluación ergonómica.
2. Conozca y describa en su documento de evaluación las características y factores más importantes del lugar de trabajo que se va a analizar, como, por ejemplo, los diferentes productos y procesos que se realizan, el número de trabajadores, los turnos, las pausas, las horas extras y cualquier problema o incidente que pueda existir en el lugar de trabajo.
3. Observe el puesto de trabajo. Anote y describa en su documento el entorno físico, las herramientas manuales, el orden y limpieza en el entorno, el espacio disponible, la maquinaria presente, el número y tipo de indicadores y controles, el nivel y adecuación de la iluminación, el calor o frío excesivo, el nivel de ruido, los equipos de protección individual. Para realizar esta tarea puede ayudarse de un check list como la Lista de comprobación ergonómica".
4. Si como resultado del paso 3 ha encontrado necesario mejorar algún aspecto de los lugares, equipos y condiciones de trabajo, indíquelo en su documento. Proponga acciones preventivas y recomendaciones (la Lista de comprobación ergonómica le ayudará en esta tarea). Si el problema identificado requiere una

acción preventiva prioritaria y urgente informe a los responsables pertinentes para la toma de medidas inmediatas.

5. Conozca al trabajador presente en el puesto previamente a la evaluación. Infórmele sobre el motivo de su presencia. Solicítele que realice su tarea de la forma habitual y procure que su forma de actuar no se vea condicionada por la evaluación.
6. Observe el puesto de trabajo mientras el trabajador desempeña su labor. Realice grabaciones en video si lo considera necesario. Analice el número de tareas distintas realizadas. Mida los tiempos empleados en cada una de ellas. Vuelque esta información en su documento de evaluación.
7. Determinado el número de tareas distintas realizadas por el trabajador analice y describa con cuidado cada una de ellas. Establezca qué factores de riesgo ergonómico están presentes en cada una de ellas. Indique en su documento de trabajo el desglose en tareas y los factores de riesgo ergonómico presentes en cada tarea.
8. Para cada una de las tareas, y para cada factor de riesgo presente, seleccione el método de evaluación ergonómica adecuado (emplee, si lo necesita, esta herramienta de selección de métodos). Cada tarea puede precisar ser analizada con varios métodos si presenta varios factores de riesgo distintos.
9. Durante la realización de cada tarea, y según los métodos de evaluación escogidos, realice la toma de datos y mediciones: ángulos, distancias, pesos... Tome fotografías para documentar la evaluación. Anote esta información en una hoja de campo.
10. Con los datos obtenidos aplique cada método de evaluación. A partir de los resultados haga una valoración de cada factor de riesgo ergonómico en cada tarea. Si en algún caso el nivel de riesgo no es tolerable, proponga medidas correctivas o un rediseño del puesto. Exponga toda esta información en su documento de evaluación ergonómica.
11. Redacte en su documento las conclusiones de la evaluación. Si los hay, indique los problemas detectados y las medidas correctivas propuestas.

### **6.2.2. Principios de diseño y desarrollo**

Existen múltiples formas de análisis de los espacios de actividad o trabajo, de los objetos y del conjunto de acciones que las personas se verán obligadas a realizar, por ejemplo, clasificar el monto de interrelaciones de sistema persona máquina en lo siguiente:

Relaciones dimensionales:

- a) Factores biomecánicos
- b) Factores Fisiológicos
- c) Factores antropométricos

Ejemplos de distribución:

Figura 31: Ejemplo de distribución

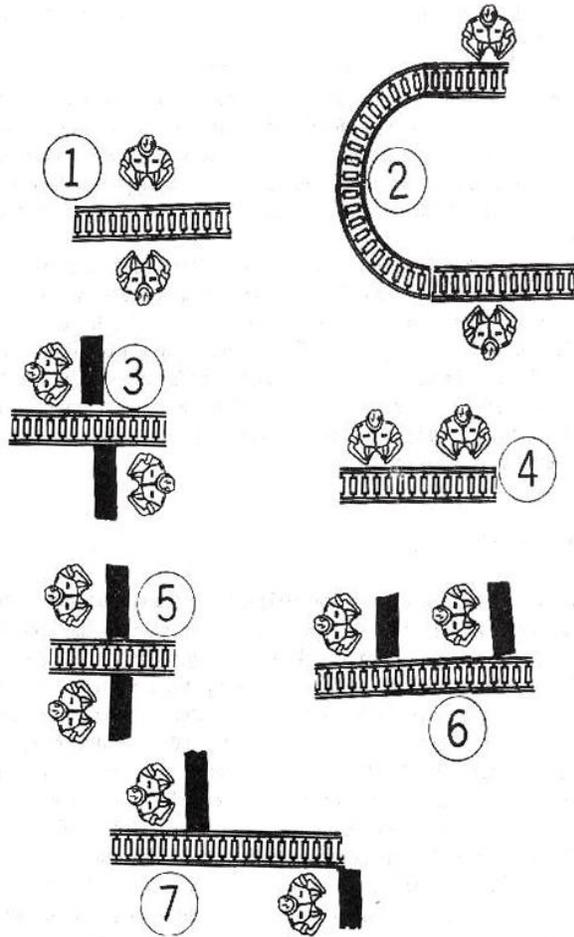


Figura 13.20 Se puede recurrir a diferentes distribuciones del equipo para variar el estímulo proveniente de los compañeros de trabajo. La situación de bajo estímulo está marcada con el número 7.

## 6.3. Diagrama Hombre - Máquina

### 6.3.1. Definición

Representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas, y que permite conocer el tiempo empleado por cada uno, es decir, conocer el tiempo usado por los hombres y el utilizado por las máquinas.

### 6.3.2. Objetivos

- Determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas.
- Estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez.
- Conocer el tiempo para llevar a cabo el balance de actividades del hombre y su máquina.

### 6.3.3. Pasos para Realizarlo

- Seleccionar la operación que será diagramada.
- Determinar los límites del ciclo que se quiere diagramar.
- Dividir la operación en elementos.
- Medir el tiempo de duración de cada elemento.
- Construir el diagrama.

*Ciclo total del operario = preparar + hacer + retirar*

*Ciclo de la máquina = preparar + hacer + retirar*

*Tiempo productivo de la máquina = hacer*

*Tiempo improductivo del operario = espera*

*Tiempo improductivo de la máquina = ocio*

$$\text{porcentaje de utilizacion del operario} = \frac{\text{tiempo productivo del operador}}{\text{tiempo de ciclo total}} * 100\%$$

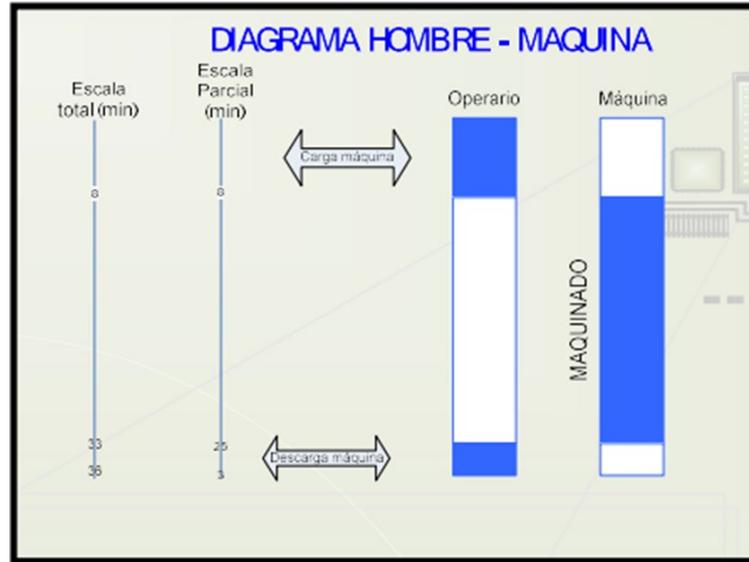
$$\text{porcentaje de la maquina} = \frac{\text{tiempo productivo de la maquina}}{\text{tiempo de ciclo total}} * 100\%$$

### 6.3.4. Principios

- Si, el tiempo de ocio del hombre > tiempo de ocio de la máquina. Entonces el hombre puede atender más de una máquina.
- Si, el tiempo de ocio del hombre < tiempo de ocio de la máquina. Entonces la máquina requiere varios operadores.
- Para calcular el número de máquinas que pueden ser atendidas, N:

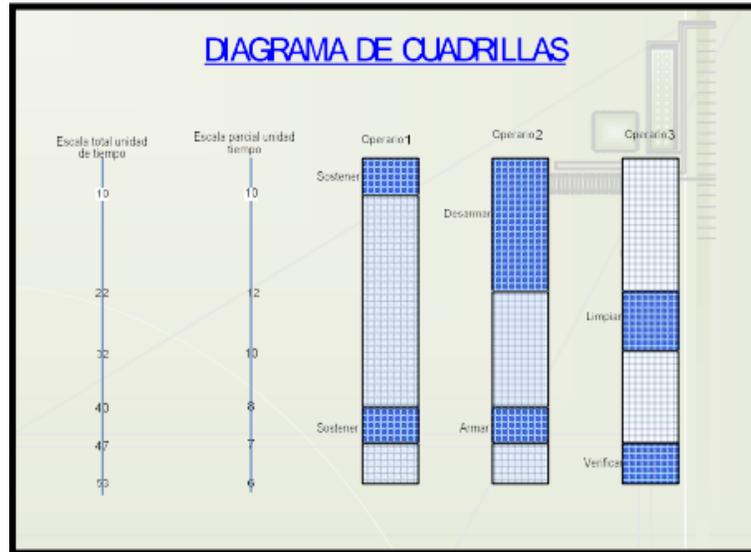
- $N = 1 + (\text{tiempo de trabajo de máquina} / (\text{tiempo de: preparar} + \text{descarga} + \text{transporte}))$ .

Figura 32: Diagrama hombre - maquina



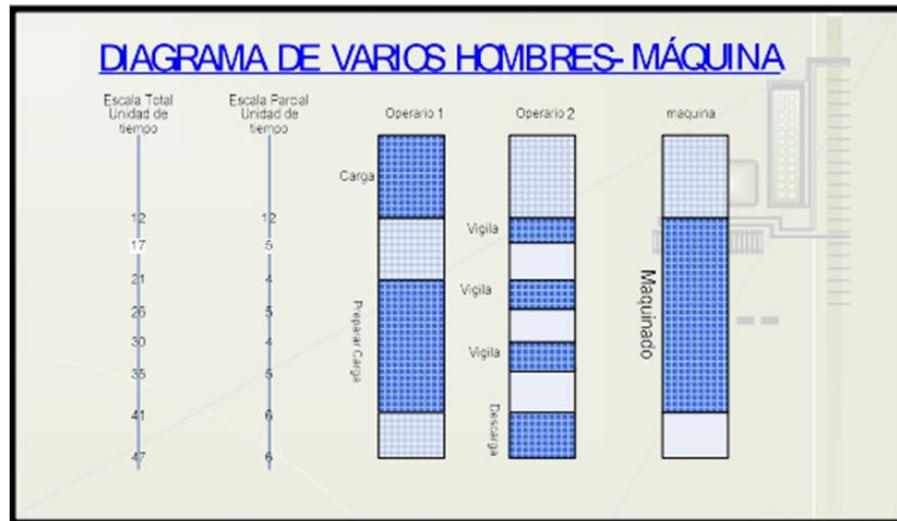
Fuente: Adaptado de “diagrama de actividades múltiples” (p. 7), por G. Bocangel, 2020, Ingeniería De Métodos I. (Bocangel, 2020).

Figura 33: Diagrama de cuadrillas



Fuente: Adaptado de “diagrama de actividades múltiples” (p. 7), por G. Bocangel, 2020, Ingeniería De Métodos I. (Bocangel, 2020)

Figura 34: Diagrama de varios hombres - máquina



Fuente: Adaptado de “diagrama de actividades múltiples” (p. 7), por G. Bocangel, 2020, Ingeniería De Métodos I. (Bocangel, 2020)

### 6.3.5. Ejemplos

Se requiere la elaboración de un Diagrama Hombre-Máquina para la operación de pre-prensado, en el proceso de elaboración del triplay. Las actividades pertinentes se presentan a continuación: (Bocangel, 2020).

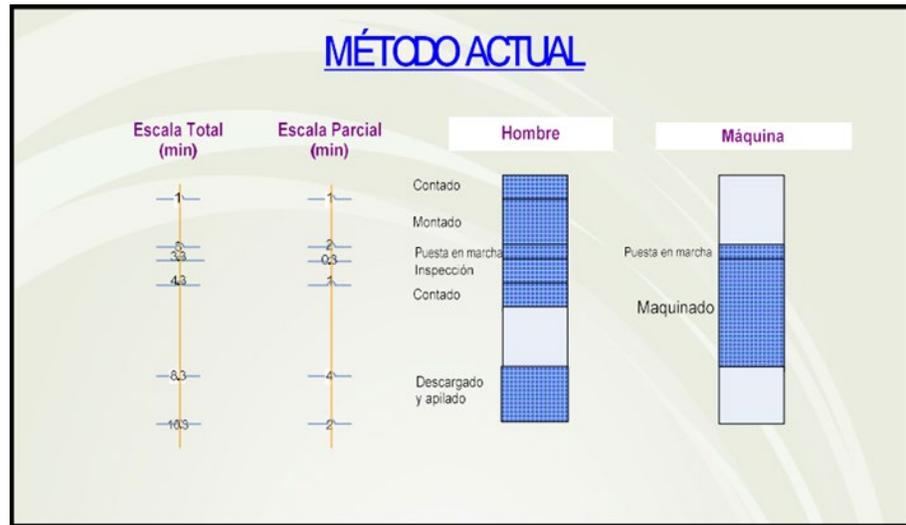
Datos:

*Tabla 9: Datos para la elaboración del ejemplo del diagrama Hombre - Maquina*

OPERACIÓN: PREPENSADO	
Actividad	Tiempo(minutos)
Contado de láminas en grupos de 12.	1
Montado de láminas sobre la plancha de prensa	2
Puesta de marcha de la prensa	20 seg.
Inspección del proceso.	1
Prensado	5
Descamado y apilado de laminas	2

Fuente: Adaptado de “diagrama de actividades múltiples” (p. 8), por G. Bocangel, 2020, Ingeniería De Métodos I. (Bocangel, 2020)

Figura 35: método actual



Fuente: Adaptado de “diagrama de actividades múltiples” (p. 9), por G. Bocangel, 2020, Ingeniería De Métodos I. (Bocangel, 2020)

Datos del método actual en el ejemplo de diagrama Hombre – máquina, con sus respectivos cálculos e información extraído del ejercicio.

Tabla 10: Información cuantitativa del método actual

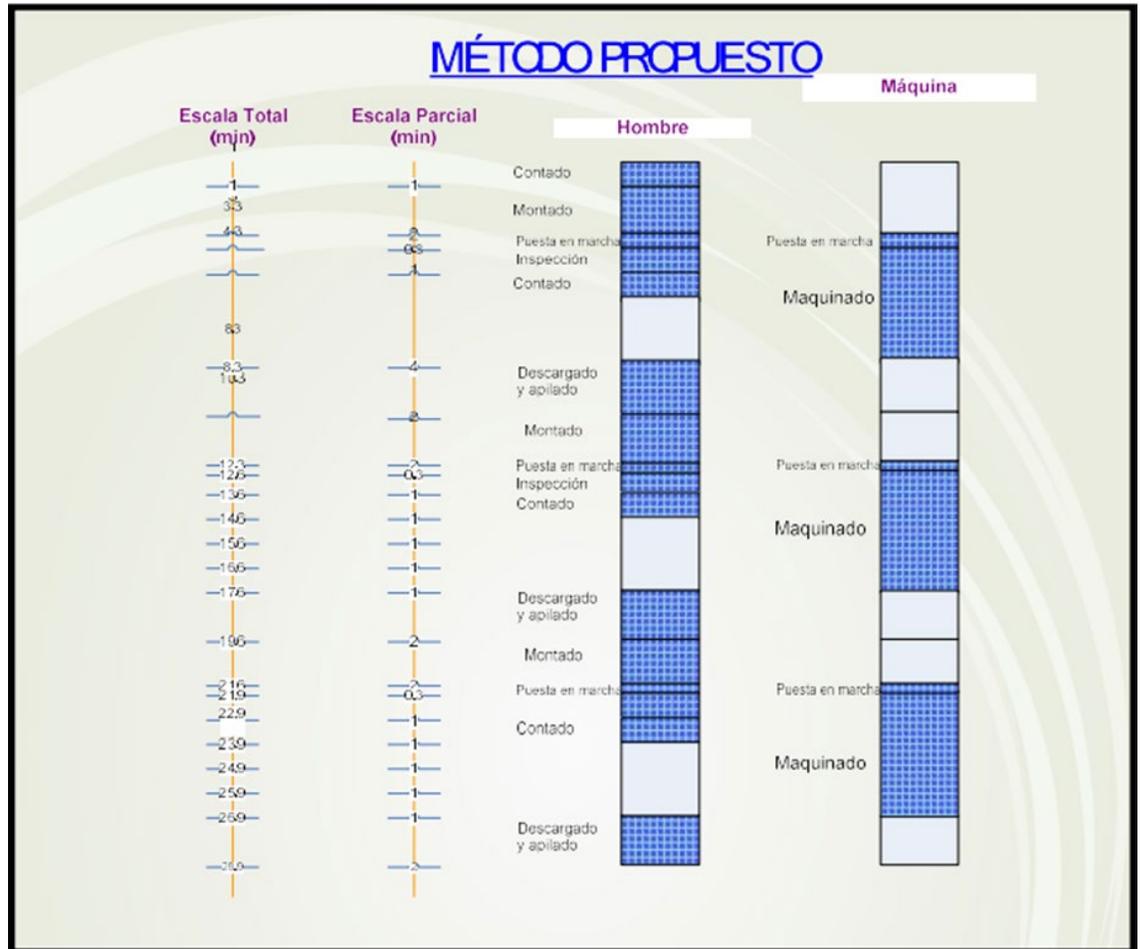
<b>METODO PROPUESTO</b>		
Tiempo de ciclo		10.30 min.
Tiempo de trabajo del hombre		6.30 min.
Tiempo de trabajo de la maquina		5.30 min
% de eficiencia del hombre	$\left(\frac{6.3}{10.3}\right) * (100)$	61.160%
% de utilización de la maquina	$\left(\frac{5.3}{10.3}\right) * (100)$	51.45%
Producción por hora	$\left(\frac{60}{10.3}\right) * (100)$	5.82 gr/hr
Capacidad de atención del hombre	$\left(\frac{100}{61.16}\right)$	1.64 máq.

Fuente: Adaptado de “diagrama de actividades múltiples” (p. 10), por G. Bocangel, 2020, Ingeniería De Métodos I. (Bocangel, 2020)

Método Propuesto:

Se trata de optimizar los recursos sin perder la eficiencia y la eficacia. Observamos que la actividad de contacto se puede realizar en tiempo interno

Figura 36: Método propuesto.



Fuente: Adaptado de “diagrama de actividades múltiples” (p. 11), por G. Bocangel, 2020, Ingeniería De Métodos I. (Bocangel, 2020)

En diferencia al método actual el método propuesto esta mejor medido, ya que cuenta con más mediciones de tiempos en los distintos rubros, así como la exactitud del tiempo de ciclo, de esta forma se puede tomar decisiones en que actividad se demora más o menos, cuellos de botella y otros factores.

Tabla 11: Resultados del Método Propuesto

<b>METODO PROPUESTO</b>		
Tiempo de ciclo		9.30 min.
Tiempo de trabajo del hombre		6.30 min.
Tiempo de trabajo de la maquina		5.30 min
% de eficiencia del hombre	$\left(\frac{6.3}{9.3}\right) * (100)$	67.34%
% de utilización de la maquina	$\left(\frac{5.3}{9.3}\right) * (100)$	56.96%
Producción por hora	$\left(\frac{60}{9.3}\right) * (100)$	6.45 gr/hr
Capacidad de atención del hombre	$\left(\frac{100}{67.74}\right)$	1.47 máq.

Fuente: Adaptado de “diagrama de actividades múltiples” (p. 11), por G. Bocangel, 2020, Ingeniería De Métodos I. (Bocangel, 2020)

Ejemplo 2:

En la producción de una pieza determinada, se utiliza dos máquinas atendidas por un solo hombre. Los tiempos para los elementos son los siguientes. Ejemplo extraído de (LETICIA, 2016).

Tabla 12: Datos de las operaciones para el ejemplo

OPERADORES	TIEMPO EN MINUTOS(minutos)
Carga de la pieza en la maquina	1.00
Inspeccionar	0.75
Maquinado automático	3.25
Traslado de máquina a máquina	0.25
Descargar las piezas determinadas	0.50

Encontrar el tiempo de ciclo, la producción diaria y los porcentajes en relación con el tiempo de ciclo.

Solución:

*Tabla 13: Datos de identificación*

---

<b>DIAGRAMA HOMBRE - MAQUINA</b>					
Concepto:	Operación	Elaborado	Saucedo	Departamento:	M1
	A-1	por:	Aviña		
			Leticia		
Modelo:	Y	Visto	Ing.	Área:	X
		bueno	Alejandra		
		por:	Arana		
			Lugo		
Fecha:	21/06/16	Hoja:	1 de 1		

---

Tabla 14: Cuerpo del diagrama

	ACTIVIDADES	OPERADOR	MAQUINA 1	MAQUINA 2
1	Carga máquina 1	1 min.	1 min	2 min
2	Maquinado automático M1	0.75 min		
3	Inspección M1		3.25 min	
4	Traslado M1 a M2	0.25 min		
5	Descarga máquina 2	0.50 min		0.5 min
6	Carga máquina 2	1 min		1 min
7	Maquinado automático M2			3.25 min
8	Inspección M2	0.75 min		
9	Traslado de M2 a M1	0.25 min	0.25 min	1.5 min
10	Descargar M1	0.50 min	0.50 min	

#### RESUMEN.

Se observa que son cinco minutos en la suma de los tiempos de las dos máquinas y del operario, tomando esto en cuenta si dividimos el total de minutos de una hora entre el maquinado tendremos 12. Así por dos máquinas tendremos 24 maquinados.

	OPERARIO	MAQUINA 1	MAQUINA 2
Tiempo activo	5 minutos	3.25 minutos	3.5 minutos
Tiempo ocio	0 minutos	0.25 minutos	0 minutos
Tiempo C/D	0 minutos	1.50 minutos	1.5 minutos
Total	5 minutos	5 minutos	5 minutos
1 hr – 12 maquinado/hr.		Dos máquinas: 24 maquinado/hr	

Nota: Adaptado de “diagrama hombre - máquina” Saucedo Aviña Leticia.

(LETICIA, 2016)

#### 6.4. Estudio de movimientos

Análisis y estudio de los movimientos que constituyen una operación, para mejorar el patrón de movimiento mediante la eliminación de los movimientos no eficientes y la reducción de los eficientes. (López, 2021).

La evolución del Estudio de Métodos consiste en abarcar en primera instancia lo general para luego abarcar lo particular, de acuerdo a esto el Estudio de Métodos debe empezar por lo más general dentro de un sistema productivo, es decir: «El proceso» para luego llegar a lo más particular, es decir «La operación». Por ende, pasamos ahora a estudiar al operario en su mesa de trabajo, observando sus movimientos, haciendo mucho énfasis en el análisis del modo en que aplica su esfuerzo, y el grado de fatiga provocado por su método de trabajo, factores fundamentales en la determinación de la productividad de las operaciones.

Tal como si se tratará del estudio enfocado en el proceso, es fundamental tener en cuenta las consideraciones de selección, esta vez claro está, enfocadas en la operación. Antes de iniciar el estudio detallado de un operario, es importante comprobar si la tarea es realmente necesaria y si la misma se ejecuta en la forma adecuada (en cuanto a lugar, sucesión y persona), para ello es sumamente apropiado aplicar entonces la técnica del interrogatorio.

#### **6.4.1. Principios de la economía de movimientos**

Existen varios principios de economía de movimientos, estos fueron abordados principalmente por Frank Bunker Gilbreth and Lillian Moller Gilbreth, y han sido posteriormente ampliados por personalidades como el profesor Ralph Barnes. Estos podrán aplicarse tanto a los trabajos de taller como a los de oficina; aunque no todos sean aplicables a todas las operaciones, se encontrará en ellos una base o un código para mejorar el rendimiento y reducir la fatiga de los trabajos manuales. (López, 2021).

#### **6.4.2. Utilización del cuerpo humano**

- Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente los elementos o divisiones básicas de trabajo y no deben estar inactivas al mismo tiempo, excepto durante los periodos de descanso.
- Los movimientos de las manos deben ser simétricos y efectuarse simultáneamente al alejarse del cuerpo y acercándose a éste.
- Siempre que sea posible deben aprovecharse el impulso o ímpetu físico como ayuda al trabajador y reducirse a un mínimo cuando haya que ser contrarrestado mediante un esfuerzo muscular.
- Son preferibles los movimientos continuos en línea recta en vez de los rectilíneos que impliquen cambios de dirección repentinos y bruscos.
- Deben emplearse el menor número de elementos o therbligs y éstos se deben limitar de más bajo orden o clasificación posible.
- Debe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el efectuado con las manos. Hay que reconocer que los movimientos simultáneos de los pies y las manos son difíciles de realizar.
- Los dedos corazón y pulgar son los más fuertes para el trabajo. El índice, el anular y el meñique no pueden soportar o manejar cargas considerables por largo tiempo.

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

#### **6.4.3. Instalación del puesto de trabajo**

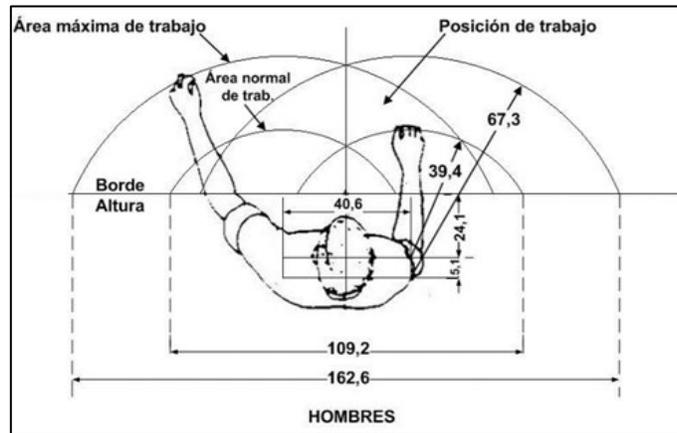
- Deben destinarse sitios fijos para toda la herramienta y todo el material, a fin de permitir la mejor secuencia de operaciones y eliminar o reducir los therbligs buscar y seleccionar.
- Hay que utilizar depósitos con alimentación por gravedad y entrega por caída o deslizamiento para reducir los tiempos alcanzar y mover; asimismo, conviene disponer de expulsores, siempre que sea posible, para retirar automáticamente las piezas acabadas.
- Todos los materiales y las herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Conviene proporcionar un asiento cómodo al operario, en que sea posible tener la altura apropiada para que el trabajo pueda llevarse a cabo eficientemente, alternando las posiciones de sentado y de pie.
- Se debe contar con el alumbrado, la ventilación y la temperatura adecuados.
- Deben tenerse en consideración los requisitos visuales o de visibilidad en la estación de trabajo para reducir al mínimo la fijación de la vista.
- Las herramientas, los materiales y los aparatos de control deben estar situados cerca del operador y frente a él.
- Un buen ritmo es esencial para llevar a cabo suave y automáticamente una operación y el trabajo debe organizarse de manera que permita obtener un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.

#### **6.4.4. Concepto de herramienta y equipo**

- Las manos deben liberarse de todo trabajo que pueda ser realizado en forma ventajosa mediante un montacargas o mediante un aparato comandado a través de pedales.
- De ser posible deben de combinarse dos o más herramientas en una sola.
- De ser posible, deben pre colocarse las herramientas y los materiales.
- Cuando cada dedo ejecuta un movimiento particular, como en la dactilografía, el esfuerzo debe ser distribuido según las posibilidades propias de cada dedo.
- Las empuñaduras del género de las que se utilizan en las manijas y en los desarmadores deben ser concebidas de tal forma que permitan una superficie de contacto máxima con la mano. Esto es particularmente válido en el caso de esfuerzos importantes. Para los trabajos pequeños de ensamble, el mango del desarmador debe ser más pequeño en la base que en la parte superior.
- Las palancas, los materiales y los volantes deben estar situados en forma tal que el operador pueda manipularlos con un desplazamiento mínimo de su cuerpo y con el mejor rendimiento posible.

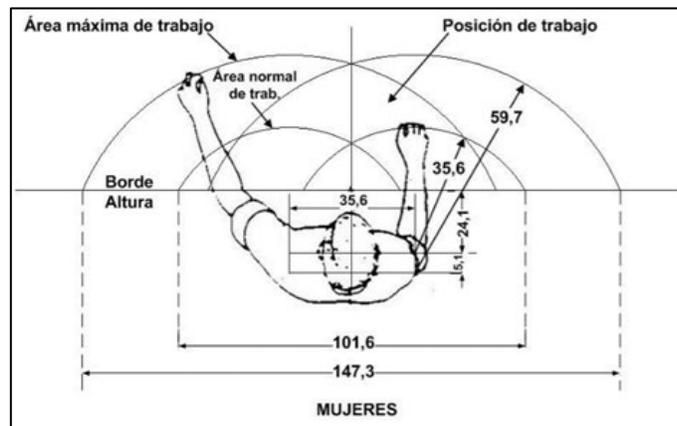
#### 6.4.5. Áreas de trabajo normal y máxima en el plano horizontal para operadores hombres y mujeres (Dimensiones establecidos por Farley).

Figura 37: Áreas de trabajo para hombres



Fuente: Adaptado de “estudio de movimientos” por ing. Industrial online.com, 2020, Ingeniería De Métodos. (Bocangel, 2020)

Figura 38: Áreas de trabajo para mujeres



Fuente: Adaptado de “estudio de movimientos” por ing. Industrial online.com, 2020, Ingeniería De Métodos. (Bocangel, 2020)

#### 6.4.6. Clasificación de los movimientos

Según los principios de la economía de movimientos, respecto a la utilización del cuerpo humano, los movimientos deben corresponder al orden o clasificación más

baja posible, es decir reduciendo al mínimo el esfuerzo empleado en ejecutar cada acción.

Existe una clasificación de estos movimientos la cual se basa en las partes del cuerpo que sirven de eje (apoyo) a las partes que se mueven en la ejecución de la operación, tal como se puede apreciar en el tabulado siguiente:

*Tabla 15: Clasificación de los movimientos*

<b>Clase</b>	<b>Punto de apoyo</b>	<b>Partes del cuerpo empleadas</b>
Clase 1	Nudillos	Dedos
Clase 2	Muñeca	Mano y dedos
Clase 3	Codo	Antebrazo, mano y dedos
Clase 4	Hombro	Brazo, antebrazo, mano y dedos
Clase 5	Tronco	Torso, Brazo, antebrazo, mano y dedos

Como se puede observar a medida que aumenta la clase de movimiento, las partes del cuerpo que se emplean se incrementan de forma acumulativa, es decir, que mientras más baja sea la clase, más movimientos se ahorrarán.

#### **6.4.7. Prácticas comunes para optimizar movimientos**

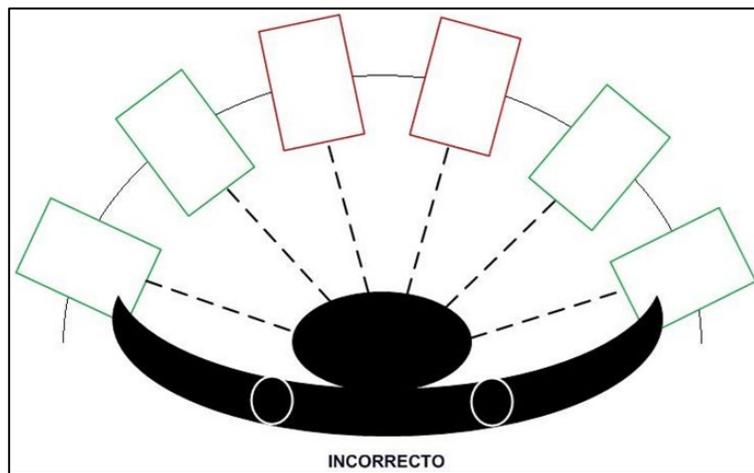
La Oficina Internacional del Trabajo recomienda como buenas prácticas para optimizar movimientos lo siguiente (López, 2021):

- Si las dos manos realizan un trabajo análogo, hay que prever una reserva aparte de materiales o piezas para cada mano.
- Cuando se utilice la vista para seleccionar el material, éste deberá estar colocado, siempre que sea posible, de manera que el operario pueda verlo sin necesidad de mover la cabeza.
- En lugar de una disposición en un solo arco de círculo (que tenga como eje del círculo imaginario el centro de la cabeza), es preferible utilizar una disposición en dos arcos de círculo (que tengan como ejes de los círculos

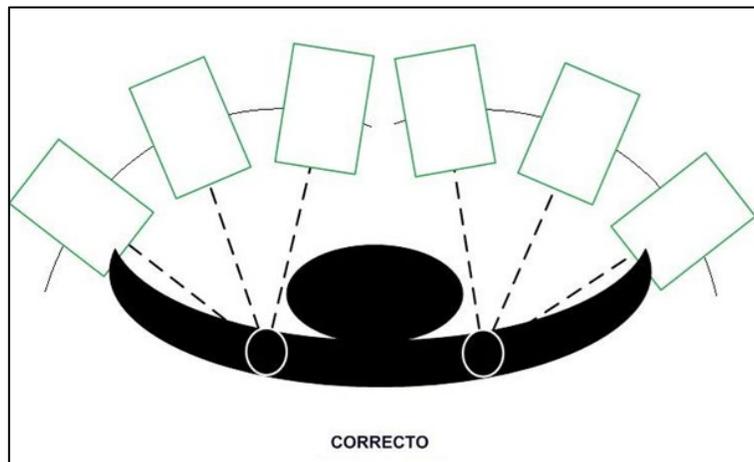
imaginarios los centros de los hombros respectivos); tal como se podrá observar en las siguientes ilustraciones:

- En la concepción del lugar de trabajo es conveniente que se adopten las reglas de la ergonomía.
- La naturaleza y forma del material influyen en su colocación en el lugar de trabajo. Para la manipulación de las unidades es conveniente idear mecanismos como el siguiente:

*Figura 39: Incorrecta distribución de movimientos de brazos*



*Figura 40: Correcta distribución de movimientos de brazos*



- Las herramientas manuales deben recogerse alterando al mínimo el ritmo y simetría de los movimientos. En lo posible, el operario deberá recoger o

depositar la herramienta conforme la mano pasa de una fase del trabajo a la siguiente, sin hacer un recorrido especial. Las herramientas deben colocarse en el arco del movimiento, pero no en el camino de algún material que sea preciso deslizar por el banco de trabajo.

- Las herramientas deben situarse de modo que sea fácil recogerlas y volverlas a poner en su lugar; siempre que sea posible volverán a su sitio mediante un dispositivo automático o aprovechando el movimiento de la mano cuando va a recoger la pieza siguiente de material.

El trabajo terminado debe:

- Dejarse caer en vertederos o deslizaderas;
- Soltarse en una deslizadera cuando la mano inicie el primer movimiento del ciclo siguiente;
- Colocarse en un recipiente dispuesto de manera tal que los movimientos de las manos queden reducidos al mínimo;
- Colocarse en un recipiente donde el operario siguiente pueda recogerlo fácilmente, si se trata de una operación intermedia.
- Estúdiense siempre la posibilidad de utilizar pedales o palancas de rodilla para accionar los mecanismos de cierre o graduación o los dispositivos para retirar el trabajo terminado.

#### **6.4.8. Estudio de Micro-movimientos**

En ciertas clases de operaciones, existen ciclos muy cortos, regularmente estos ciclos son muy repetitivos, lo cual constituye una fuente importante de optimización de la operación, por lo tanto, debemos analizar con más detalle para determinar dónde es posible ahorrar movimientos, esfuerzos y ordenar la sucesión de los mismos. El estudio de micro movimientos tiene como objetivo dividir la actividad humana en movimientos o grupos de movimientos llamados therbligs (López, 2021).

Tabla 16: Estudio de movimientos

THERBLIGS EFICIENTES		THERBLIGS INEFICIENTES	
Alcanzar	AL	Buscar	B
Tomar	T	Seleccionar	S.E.
Mover	M	Inspeccionar	I
Soltar	S.I.	Demora evitable	D.E.T
Ensamblar	E	Demora inevitable	D.I.
Desmontar	D.E.	Colocar en posición	P
Usar	U	Descansar	D.E.S
Preparar posición	P.P.	Sostener	S.O.
		Planear	P.L.

Las diecisiete divisiones básicas pueden clasificarse en therbligs eficientes (o efectivos) y en ineficientes (o inefectivos). Los primeros son aquellos que contribuyen directamente al avance o desarrollo del trabajo. Estos therbligs con frecuencia pueden reducirse, pero es difícil eliminarlos por completo. Los therbligs de la segunda categoría no hacen avanzar el trabajo y deben ser eliminados aplicando los principios del análisis de la operación y del estudio de movimientos. Una clasificación adicional divide a los elementos de trabajo en físicos, semimetales o mentales, objetivos y de retraso. Idealmente, un centro de trabajo debe contener sólo therbligs físicos y objetivos (López, 2021).

- Mentales o Semimetales: buscar, seleccionar, colocar en posición, inspeccionar y planear.
- Retardos o dilaciones: retraso evitable, retraso inevitable, descansar y sostener.
- De naturaleza física o muscular: alcanzar, mover, soltar y pre-colocar en posición.
- De naturaleza objetiva o concreta: usar, ensamblar y desensamblar.

El algoritmo de optimización de un estudio de micro-movimientos es igual a la secuencia empleada para el estudio de métodos, sin embargo, existen variaciones en las técnicas empleadas para registrar la información, dado que para los micro-movimientos suelen emplearse técnicas como el sismograma y el diagrama bimanual. Sin embargo, hoy por hoy la técnica del sismograma ha perdido popularidad con la utilización de la película y el vídeo. (López, 2021).

#### 6.4.9. Ejemplos

En este presente ejemplo se verá el uso de las dos manos en tanto en las descripciones de las actividades, del tiempo que no trabaja la mano, del tiempo que sujeta a la mano, del movimiento que realiza. En el ejemplo se ve que es para cortar tubo de vidrio con un molde y cuál es su recorrido bimanual para desarrollar dicho trabajo. (López, 2021).

DIAGRAMA BIMANUAL		Método Actual Propuesto	DISPOSICION DEL LUGAR DE TRABAJO
Operación	Cortar trozos de tubo de vidrio de 1.5cm	Empieza Termina	
Objeto	tubo de vidrio de 3mm de diámetro y 1 metro de longitud		
Lugar	Talleres generales		
Operarios	Juan Pérez	Fecha:	
Elaborado por:	Arnold Apasa	Fecha:	

Descripción de la mano izquierda	símbolo				símbolo				descripción de la mano derecha
	●	➡	◐	▼	●	➡	◐	▼	
sostiene tubo					●				recoge lima
hasta plantilla		●						●	sostiene lima
mete tubo en plantilla	●					●			lleva lima hasta tubo
empuja hasta el fondo	●							●	sostiene lima
sostiene tubo				●	●				muesca tubo con lima
retira un poco tubo	●							●	sostiene lima
hace girar tubo 120°/180°	●							●	sostiene lima
empuja hasta el fondo	●					●			acerca lima a tubo
sostiene tubo				●	●				muesca tubo
retira tubo	●							●	pone lima en mesa
pasa tubo a la derecha		●						●	va hasta tubo
dobra tubo para partirlo	●				●				dobra tubo
sostiene tubo				●	●				suelta trozo cortado
corre a otra parte del tubo	●							●	va hasta lima
TOTAL	8	2	0	4	2	2	0	4	

## 6.5. Medición de trabajo

Es un método investigativo basado en aplicación de diversas técnicas para determinar el contenido de una tarea definida fijando el tiempo que un trabajador calificado invierte en llevarla a cabo con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida. (Criollo, 1998).

### 6.5.1. Objetivos de la medición de trabajo

- Incrementar la eficiencia del trabajo.
- Proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa como el de costos de programación de la producción, supervisión, etcétera.

### 6.5.2. Desarrollo del estudio de tiempos y relación con la simplificación del trabajo

Principios de Taylor. En su libro *The Principles of Scientific Management* publicado en 1911 mencionaba los principios que sustentaban la perspectiva científica de la administración y le daban un nuevo giro a la manera de cómo se hacía el trabajo en aquella época, es así como las personas que administran la producción deben adquirir nuevas responsabilidades como se verá a continuación. Según Taylor, la gerencia. (wikipedia, 2021):

1. Elaboran una ciencia para la ejecución de cada una de las operaciones del trabajo, la cual sustituye al viejo modelo empírico.
2. Seleccionan científicamente a los trabajadores, les adiestran, enseñan y forman, mientras que en el pasado cada trabajador elegía su propio trabajo y aprendía por sí mismo como podía mejorar.
3. Colaboran cordialmente con los trabajadores para asegurarse de que el trabajo se realiza de acuerdo con los principios de la ciencia que se ha elaborado
4. El trabajo y la responsabilidad se reparten casi por igual entre la gerencia y los obreros. La gerencia toma bajo su responsabilidad todo aquel trabajo para el que está más capacitada que los obreros, mientras que, en el pasado, casi todo el trabajo y la mayor parte de la responsabilidad se echaban sobre las espaldas de los trabajadores (Taylor, p. 43).
5. Estudiar para promover mejores oportunidades para el empleado. El estudio del trabajo no se hace consultando al trabajador, sino en asociación con él.

Antes de hacer un estudio de tiempos se procede a analizar los movimientos empleados en la ejecución de una tarea, con el objetivo de eliminar aquellos que fueran innecesarios y ordenar los útiles, para así obtener la eficiencia máxima. Con el fin de simplificar el trabajo se puede hacer un análisis del mismo, que conduce a las siguientes conclusiones:

1. Eliminar todo trabajo innecesario.
2. Combinar las operaciones o sus elementos.
3. Cambiar la secuencia de operaciones.
4. Simplificar las operaciones.

### **6.5.3. Aplicación de la medición de trabajo**

Con el propósito de entender el objetivo y las aplicaciones de las mediciones del trabajo en la industria, a continuación, se ofrecen las siguientes definiciones. (Criollo, 1998).

Medición del trabajo. Es la parte cuantitativa del estudio del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operador para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado. (Criollo, 1998)

Tiempo estándar. Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

#### **6.5.3.1. Aplicaciones del tiempo de trabajo**

- Para determinar el salario devengable por esa tarea específica.
- Convertir el tiempo en valor monetario

Ejemplo:

Si en un día de ocho horas de trabajo se gana 100 soles dividimos 100 entre 8. Estaremos ganando 12 soles con 50 céntimos por hora de trabajo.

1. Apoyar a la planeación de la producción.
2. Facilitar la supervisión.
3. Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos.
4. Ayuda a establecer las cargas de trabajo.
5. Ayuda a formular un sistema de costos estándar.
6. Proporciona costos estimados.
7. Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos y su control.
8. Ayuda a entrenar a nuevos trabajadores.

#### **6.5.3.2. Ventajas**

1. Reducir costos.
2. Mejorar condiciones obreras.

Ejemplo:

Se va a pasar a calcular a la capacidad de producción con ayuda de los tiempos estándar. (López, 2021) .

Una vez fijado el tiempo estándar la aritmética a utilizar en sus aplicaciones es sumamente elemental, sin embargo, los resultados de sus cálculos son de trascendental importancia. Por ejemplo, supongamos que mediante el análisis del punto de equilibrio determinamos que la cantidad de equilibrio (utilidad = 0) es equivalente a 1500 unidades mensuales, y mediante el cálculo de capacidad de producción, tomando como base el tiempo estándar determinamos que nuestra capacidad equivale a 1200 unidades mensuales, en éste caso estamos frente a condiciones inviables de producción.

Tal como lo mencionamos, el cálculo de la capacidad de producción es sencillo y consiste en una regla de tres, tal como lo observaremos en el siguiente ejemplo:

Tomando como base un tiempo estándar =  $\frac{1.25 \text{ minutos}}{\text{Unidad}}$  determinaremos la cantidad de unidades que se pueden producir por día.

$$1 \text{ Unidad} = 1.25 \text{ Minutos}$$

$$X \text{ Unidades} = 60 \text{ minutos ( 1 hora )}$$

$$\frac{1 \text{ unidad}}{1.25 \text{ minutos}} = \frac{X \text{ unidades}}{60 \text{ minutos}}$$

$$\frac{X \text{ unidades}}{\text{hora}} = \frac{60 \text{ minutos}}{1.25 \text{ minutos}} = \frac{48 \text{ unidades}}{\text{hora}}$$

Luego, si tenemos en cuenta que en nuestro ejemplo cada turno trabaja 8 horas y que en un día laboral la compañía trabaja en 3 turnos, nuestros cálculos de capacidad de producción diaria serían los siguientes:

$$\frac{\text{Unidades}}{\text{día}} = \frac{48 \text{ unidades}}{1 \text{ hora}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ turno}} * \frac{3 \text{ turnos}}{1 \text{ día}} = \frac{1152 \text{ unidades}}{\text{día}}$$

La capacidad de producción es de 1152 de unidades por día.

## **6.6. Medición del trabajo y estándares**

Para obtener la medición de trabajos hay que tener en cuenta ciertos estándares tanto como de medición y de consideración al momento de extraer información. También hay un punto muy importante con el que se trabaja y es el tiempo estándar, perteneciente a los datos estándar.

Los datos estándares son, en su mayor parte, tiempos elementales estándar tomados de estudios de tiempo que han probado ser satisfactorios, los datos estándar comprenden todos los elementos estándar: tabulados, monogramas, tablas, etcétera. Que se han recopilado para ayudar en la medición de un trabajo específico, sin necesidad de algún dispositivo de medición de tiempos, tales como cronómetros. (Criollo, 1998).

### **6.6.1. Obtención de datos de tiempo estándar**

Para ello es preciso distinguir los elementos constantes de los elementos variables. (Criollo, 1998).

- Elemento constante. Es aquel donde el tiempo asignado permanecerá aproximadamente igual para cualquier pieza dentro de un trabajo específico.
- Elemento variable. Es aquel donde el tiempo asignado cambia dentro de una variedad específica de trabajos.

Los datos estándar se recopilan a partir de diversos elementos ocurridos durante los estudios de tiempo tomados para un cierto proceso determinado lapso. El analista en tabulación de datos estándar debe determinar los puntos terminales. Como los elementos de los datos estándar se recopilan con base en un gran número de estudios efectuados por diferentes analistas, debe tenerse cuidado en definir los límites o puntos terminales de cada elemento. (Criollo, 1998).

#### **Ejemplo 1:**

El analista de una compañía está acumulando datos estándar del departamento de prensas. A causa de la brevedad de los elementos ha decidido medir grupos de tiempos, agrupándolos para luego determinar el valor de cada elemento.

Sus datos son los siguientes:

- a) Alcázar cintas de metal, sujetadas y deslizarlas contra el tope.
- b) Soltar material, alcanzar manivela de la prensa, sujetarla y moverla.
- c) Mover el pie para operar el pedal.
- d) Alcanzar la pieza, sujetarla y quitarla del torque.
- e) Mover la pieza hasta la caja y soltarla.

Estos datos se podrían cronometrar de la siguiente forma:

$$(1) a + b + c = 0.048$$

$$(2) b + c + d = 0.062$$

$$(3) c + d + e = 0.050$$

$$(4) d + e + a = 0.055$$

$$(5) e + a + b = 0.049$$

Sumando estas cinco ecuaciones tenemos.

$$3a + 3b + 3c + 3d + 3e = 0.264$$

$$(6) 3(a + b + c + d + e) = 0.264 = 0.088$$

Si hacemos  $a+b+c=0.048 = A$  y sustituimos en (6).

$$a + d + e = 0.088$$

$$d + e = 0.088 - 0.48 = 0.040$$

De (3):

$$c + d + e = 0.050$$

$$c + 0.040 = 0.050 : c = 0.050 - 0.040 = 0.010$$

En (4):

$$d + e + a = 0.055 : a = 0.055 - 0.040$$

$$a = 0.015$$

En (1):

$$a + b + c = 0.048$$

$$b = 0.048 - 0.015 - 0.010$$

$$b = 0.023$$

En (5):

$$e + a + b = 0.049$$

$$e = 0.049 - 0.015 - 0.023 - 0.010$$

$$e = 0.011$$

En (2):

$$b + c + d = 0.062$$

$$d = 0.062 - 0.023 - 0.010$$

$$d = 0.029$$

Se puede comprobar reemplazando los resultados en las ecuaciones de la primera forma.

Ejemplo 2:

Calcular la tasa de producción diaria que puede establecerse para un operador que trabaja 8 horas diarias.

Datos estándar para la operación.

- Tiempo de operación unitario = 1.032 min.

- Tiempo de operación unitario = 0.58 min.
- Tolerancia por fallas del material = 12%.
- Alimentación = 0.009 de pulgada.
- rpm = 700.
- Diámetro de la broca = ½ pulgada
- La pieza debe ser totalmente perforada y su espesor es de 4''

Para calcular el tamaño de la broca

$$I = \frac{0.25}{1.6643} = 0.15$$

Ahora:

$$Fm = \frac{3.82(f)(Sf)}{d}$$

La velocidad periférica está dada en rpm, por lo cual es necesario convertir en pies por minuto.

$$rpm = \frac{12(Sf)}{\pi xd} = 0.15$$

En donde:

Sf = velocidad periférica en pies por minuto

$\Pi = 3.1416$

d = diámetro de la broca en pulgadas.

$$Sf = \frac{rpm(\pi)(d)}{12} = 91.63 \text{ pies por minuto}$$

Sustituyendo:

$$Fm = \frac{3.82(0.009)(91.63)}{0.5} = 6.30 \text{ pulgadas por minuto}$$

Para calcular el tiempo que se tarda en barrenar se utiliza la siguiente formula:

$$T = \frac{L}{Fm} = \frac{4 + 0.15}{6.30} = 0.659 \text{ minutos}$$

El tiempo necesario para la operación del taladro es de 0.659 minutos

Sera necesario agregarle 12% de tolerancia, y los tiempos de preparación y operación manual, finalmente el tiempo para ejecutar la operación completa será:

Tiempo de operación	1.032 min
Tiempo de preparación	0.581 min
Tiempo de taladrar (0.659)(1.2)	0.738 min

Suma =2.351 min

La producción diaria deberá ser:

$$produccion = \frac{(8)(60)}{2.351} = 204 \text{ piezas por hora}$$

La suma de los tiempos de operación nos ayuda a dividir el total de tiempo que disponemos y llegamos a 204 piezas por hora.

## 7. CAPITULO VII: BALANCE DE LINEA

Balancear una línea en un proceso productivo, es un problema de balance de operaciones o estaciones de trabajo existente en una planta, de manera que en función de tiempos iguales se logre alcanzar la deseada tasa de producción. Es decir que, teniendo una serie de tareas u operaciones por realizar, cada una de las cuales representa un determinado tiempo, se debe tomar las disposiciones necesarias para distribuir estas tareas de tal forma que los tiempos asignados a cada estación de trabajo (operario, máquina, sección) sean en lo posible iguales y tener de esta manera un tiempo mínimo nulo. (Tiempo muerto = tiempo ocioso). En la práctica un balance perfecto (tiempo muerto nulo) rara vez se consigue, debido a muchos factores.

En realidad, balancear una línea productiva es un problema que busca determinar el número de máquinas, de trabajadores, etc. que debe asignarse a cada una de las estaciones de trabajo; tratando en lo posible de que los tiempos en cada estación sean iguales. Generalmente un balance se realiza de acuerdo a las tasas de producción requeridas. (Bocangel, Balance de Linea, 2020).

### 7.1. Indicadores de cada red productiva:

Estos indicadores son parámetros que nos indican precisamente si tal o cual arreglo es factible de llevarlo a cabo.

#### 7.1.1. Producción

$$Produccion = \frac{TiempoBase}{Ciclo} = \frac{TiempoBase}{C}$$

#### 7.1.2. Tiempo Muerto

Viene a ser la suma de los tiempos ociosos de cada estación de trabajo.

$$T = \sum C - Ti$$
$$\delta T = Kc - \sum_{i=1}^k Ti$$

Donde:

k = número de estaciones de trabajo

c = cuello de botella (ciclo)

Ti = tiempo de operación en cada estación de trabajo

$$(Ti = ai + ti)$$

### 7.1.3. Eficiencia de línea

$$\frac{\text{Tiempo que tarda el producto sin división de trabajo}}{\text{Tiempo que tarda el producto con división del trabajo}}$$

Donde:

El tiempo que tarda el producto sin división del trabajo está representado por la suma de los tiempos asignados para cada estación de trabajo, considerando que un solo operario es el que se traslada de estación. Este tiempo es el mismo para cualquier situación de balance que se presente.

### 7.1.4. Matemáticamente:

Donde:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^K (ai + ti)}{nc}$$

n = número de máquinas en la red determinada

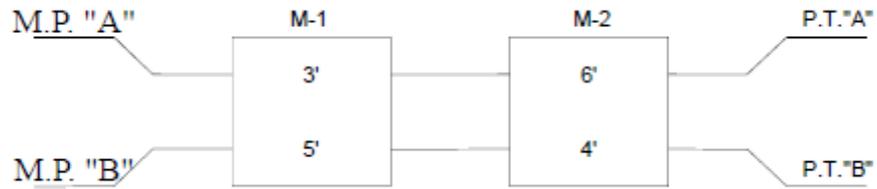
c = ciclo para la misma red.

$\sum(ai + ti)$  = Suma de los tiempos de cada estación de trabajo. Este valor es el mismo para cualquier red balanceada, y se obtiene de la situación inicial.

## 7.2. Análisis para dos productos

Sea la planta "X" que produce productos A y B simultáneamente o sea que en un tiempo determinado se obtiene una cantidad de productos A y B. Tanto A como B pasan por dos máquinas diferentes en sus procesos, como se muestra en la figura:

Figura 41: Balance para 2 productos.



Si consideramos:

$X_A$  = Producción del producto A.

$X_B$  = Producción del producto B.

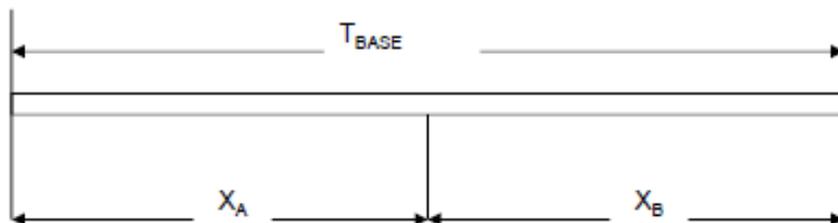
En un tiempo base dado, el problema radica en los siguientes:

- a) Determinar que fracción de tiempo base de cada máquina es necesario usar para producir  $X_A$  que tiempo es necesario para producir  $X_B$ .
- b) Determinar cuántas máquinas de cada tipo se debe usar para cumplir con las producciones requeridas de A y B.

Resolviendo los problemas se obtiene una máxima eficiencia y un mínimo tiempo muerto.

Para toda máquina se tiene:

Figura 42: Tiempos para una máquina con dos productos.



Se puede determinar la expresión que indique la fracción de uso de la máquina dado:

$$\frac{X_A}{P(A_1)} + \frac{X_B}{P(B)} = 1 \quad (I)$$

Donde:

$X_A, X_B$  = Producción del producto A que se lograría en cada máquina (i).

$P(A_i)$  = Producción del producto A que se lograría en cada máquina (i), tomando un ciclo (c) al tiempo asignado a dicha máquina (i), para la Producción del punto A, sin considerar  $X_B$ .

$P(B_i)$  = Producción del producto B sin considerar  $X_A$ .

$i = (1, 2, 3, m)$  = número de la estación de trabajo.

En nuestro ejemplo:

$$P(A_1) = \frac{480}{3} = 160 \frac{\text{Unidades}}{\text{Día}}$$

$$P(B_1) = \frac{480}{5} = 96 \frac{\text{Unidades}}{\text{Día}}$$

$$P(A_2) = \frac{480}{6} = 80 \frac{\text{Unidades}}{\text{Día}}$$

$$P(B_1) = \frac{480}{4} = 120 \frac{\text{Unidades}}{\text{Día}}$$

Reemplazando valores en (I):

$$\frac{X_A}{160} + \frac{X_B}{96} = 1 \quad (1)$$

$$\frac{X_A}{80} + \frac{X_B}{120} = 1 \quad (2)$$

Donde:

La ecuación (1) representa la fracción de uso de la máquina 1 y la ecuación (2) representa la ecuación de uso de la máquina 2.

Resolviendo estas ecuaciones se obtiene:

$$X_A = \frac{26.66 \text{ Unidades}}{\text{Día}}$$

$$X_B = \frac{80 \text{ Unidades}}{\text{Día}}$$

Los valores obtenidos constituyen las máximas producciones de A y B; que maximizan la eficiencia y minimizan el tiempo muerto, pero haciendo uso de una sola máquina por estación de trabajo. Por lo tanto, para que la línea sea utilizada a plena capacidad, será necesario asignar  $n_1$  máquinas de tipo 1 y  $n_2$  máquinas de tipo 2 al sistema productivo.

En realidad, para un balance perfecto y a plena capacidad se tiene:

**Sistema General:**

$$\frac{X_A}{P(A_1)} + \frac{X_B}{P(B_1)} = 1$$

$$\frac{X_A}{P(A_2)} + \frac{X_B}{P(B_2)} = 1$$

Donde:

$$\frac{X_A}{P(A_m)} + \frac{X_B}{P(B_m)} = n_m$$

$n_1$  = N° de máquinas del tipo 1 para la estación 1

$n_2$  = N° de máquinas del tipo 2 para la estación 2

$n_m$  = N° de máquinas del tipo (m) para la estación (m)

**Ejercicios propuestos:**

**Problemas de balance múltiple:**

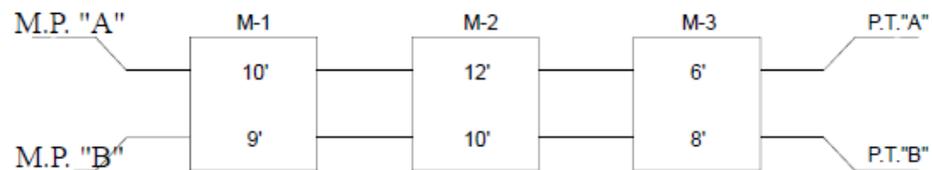
Cuando conocemos la demanda del producto y deseamos averiguar el número de máquinas necesarias para cumplir con la demanda. El valor calculado permitirá una máxima eficiencia y un mínimo de tiempo.

Cuando se establece un criterio de proporcionalidad de demandas.

Solución Analítica:

Caso I: Consideramos la siguiente línea productiva hipotética:

Figura 43: Línea productiva del primer ejercicio propuesto.



Suponer que es necesario balancear la línea para satisfacer las demandas siguientes:

$$X_A = \frac{120 \text{ Unidades}}{\text{día}}$$

$$X_B = \frac{80 \text{ Unidades}}{\text{Día}}$$

El proceso consiste en lo siguiente:

Elaboramos un cuadro de producciones máximas:

P (A<sub>i</sub>), P (B<sub>i</sub>); en unidades/día.

ESTACION	Producto A		Producto B	
	CICLO	P(A <sub>i</sub> )	CICLO	P(B <sub>i</sub> )
1	10'	48	9'	53.34
2	12'	40	10'	48
3	6'	80	8	60

Sustituimos los valores de X (Ai), X (Bi), P (Ai), P (Bi), en las ecuaciones del sistema general y se obtiene:

$$\frac{120}{48} + \frac{80}{53.34} = n1$$

$$\frac{120}{40} + \frac{80}{48.00} = n2$$

$$\frac{120}{80} + \frac{80}{60.00} = n3$$

De donde:

n1 = 4 máquinas de tipo 1

n2 = 5 máquinas de tipo 2

n3 = 3 máquinas de tipo 3

Estos valores constituyen la solución del problema.

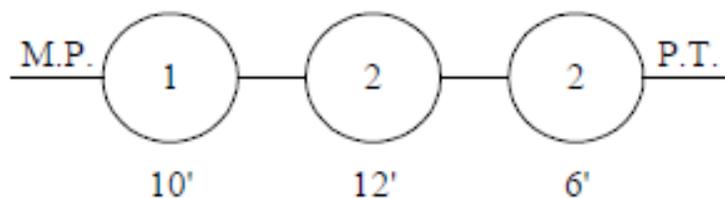
**Las redes propuestas y sus respectivos indicadores son:**

**Producto "A":**

X\_A= 120 unidades/día

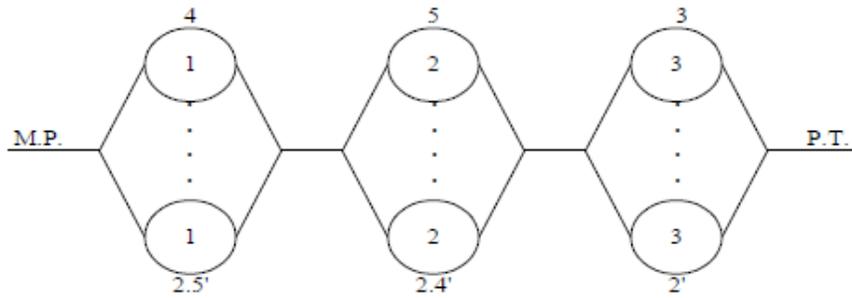
Situación inicial:

*Figura 44: Línea productiva situación inicial del producto A.*



Situación Propuesta:

*Figura 45: Línea productiva situación Propuesta del producto A.*



Observamos que el ciclo es 2.5 minutos/unidad, luego se puede pensar que la producción sería:  $\frac{480}{2.5} = 142 \frac{\text{Unidades}}{\text{día}}$ , pero este valor es válido si se produciría solo el producto A. La producción real es aquella por la cual se hace este arreglo, es decir  $120 \frac{\text{Unidades}}{\text{día}}$ , debido a que el tiempo base  $480 \frac{\text{Minutos}}{\text{día}}$ , se reparte para producir el producto A y el producto B.

Eficiencia:

$n = 12$  máquinas

$c = 2.5$

$$\sum (a_i + t_i) = 28$$

$$E = \frac{28}{(12 * 2.5) * 100} = 93.33\%$$

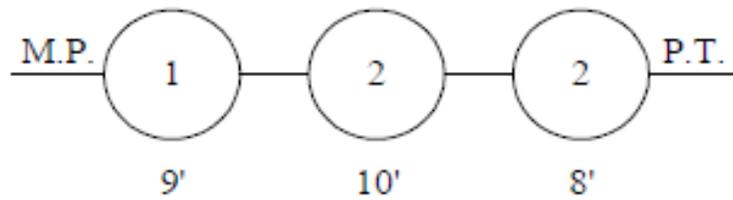
Tiempo muerto:

$$\delta T = kc - t_i = 3 * 2.5 - (2.25 + 2.4 + 2) = 0.6 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}$$

Producto "B":

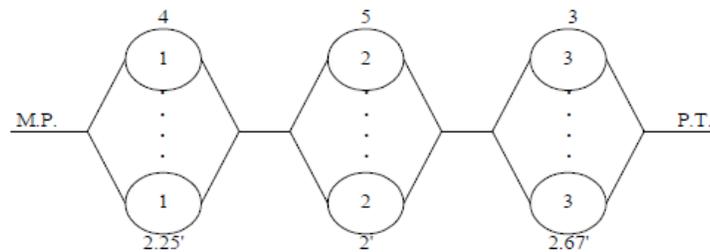
Situación inicial:

*Figura 46: Línea productiva situación inicial del producto B.*



Situación propuesta:

Figura 47: Línea productiva situación inicial del producto B.



Eficiencia:

$$E = \frac{27}{(2.67 * 12) * 100} = 84.00\%$$

Tiempo muerto:

$$\delta T = kc - ti = 3 \times 2.67 - (2.25 + 2 + 2.67) = 0.109 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}$$

### Caso II:

Ahora consideremos que para  $X_A$  y  $X_B$  lo más económicamente posible, es partiendo de un criterio de proporcionalidad, determinado a base de datos económicos y estadísticos.

$$\frac{X_A}{X_B} = K$$

$$\frac{X_A}{X_B} = 2 \Leftrightarrow X_A = 2X_B$$

Como tenemos:

$$\frac{X_A}{P(A_1)} + \frac{X_B}{P(B_1)} = ni \quad (I)$$

Se deduce que:

$$X_A = f(k, ni)$$

$i = 1, 2, 3, 4, \dots$ , m estaciones de trabajo

Usando la red productiva del ejemplo del caso I, de igual manera, considere el cuadro de producciones máximas y reemplazando los valores en la ecuación (i) anterior:

$$\frac{X_A}{48} + \frac{X_B}{53.34} = n1$$

$$\frac{X_A}{40} + \frac{X_B}{48.00} = n2$$

$$\frac{X_A}{80} + \frac{X_B}{60} = n3$$

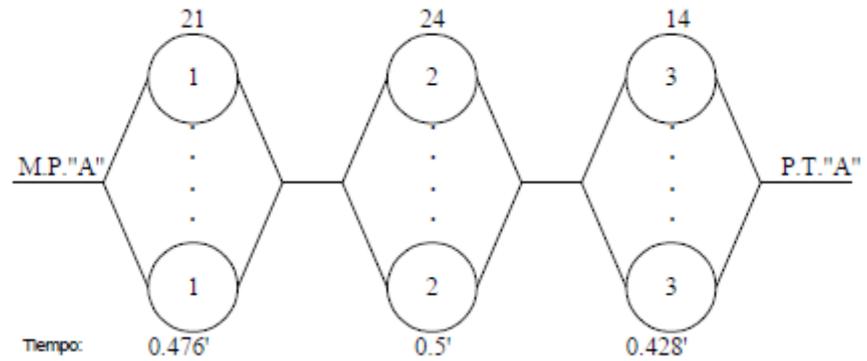
Pero  $X_A = 2 X_B$

Como  $n1, n2, n3$ , son números enteros, el número menor para que  $X_B$  represente una producción a plena capacidad será simplemente el mínimo común múltiplo de 16, 14, 24.

Entonces tendremos:

**Producto "A":**

Figura 48: Línea productiva del producto A.



- Eficiencia

$$N = 59 \text{ máquinas, } c = 0.5, \Sigma(a+t) = 28$$

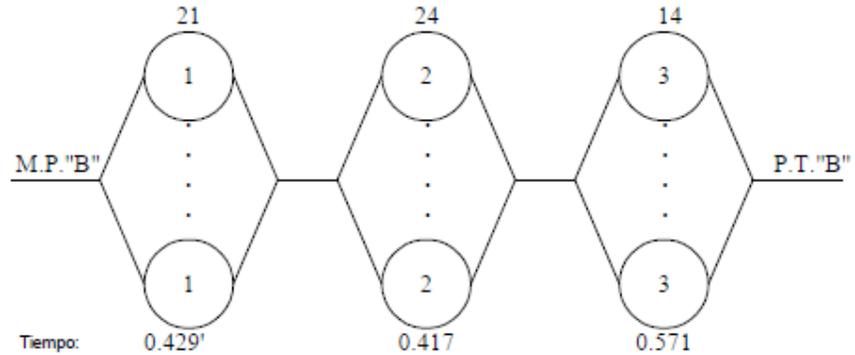
$$E = \frac{28}{(59 * 0.5) * 100} = 94.92\%$$

- Tiempo muerto

$$\delta T = kc - ti = 3 \times 0.5 - (0.467 + 0.5 + 0.428) = 0.105 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}$$

**Producto "B":**

*Figura 49: Línea productiva del producto B.*



- Eficiencia

$$n = 59 \text{ máquinas, } c = 0.571, \sum(a + t) = 27$$

$$E = \frac{27}{(59 * 0.571) * 100} = 80.14\%$$

- Tiempo muerto

$$\delta T = kc - ti = 3 \times 0.571 - (0.429 + 0.417 + 0.571)$$

$$= 0.296 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}$$

Notará el lector que las eficiencias son elevadas y que los tiempos muertos son mínimos.

**7.3. Balance de una línea de ensamblaje**

Consiste en agrupar actividades u operaciones que cumplan con el tiempo de ciclo determinado con el fin de que cada línea de producción tenga continuidad, es decir que, en cada estación o centro de trabajo, cuente con un tiempo de proceso uniforme o balanceado, de esta manera las líneas de producción pueden ser continuas y no tener cuellos de botella.

En su estado más refinado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo en el cual las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, en donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten efectividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonable directo. Este total refinamiento en el proceso no es, sin embargo, absolutamente necesario. (Gervasi, 2012).

Los obstáculos a los que no enfrentaremos al tratar de balancear una línea de producción serán:

- Líneas con diferentes tasas de producción
- Inadecuada distribución de planta
- Variabilidad de los tiempos de operación.

### **Ejercicios Propuestos:**

#### **Problemas de balance múltiple:**

##### **Caso A:**

Suponer que la demanda para la red dada en el ejemplo anterior aumenta de 6 unidades/hora, a 17 unidades/hora. Se tiene entonces:

$$C = \frac{T_{base}}{Produccion} = \frac{60 \frac{Minutos}{Hora}}{17 \frac{Unidad}{Hora}} = 3.5 \frac{minutos}{unidades}$$

Este ciclo representa la velocidad de producción, o en sí, el tiempo máximo que debe existir en cuello de botella. Luego: En las estaciones (1), (2), (3), (7), (8), no será necesario aumentar más máquinas, pues el rango de tiempo de operación (0.6 - 3) cae dentro del máximo que es el ciclo (3.5').

En la estación (4) será necesario incluir una máquina más y el tiempo que se debe considerar es:  $\frac{6.6}{2} = 3.3'$

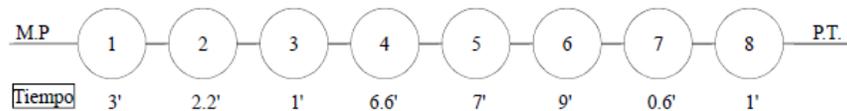
En la estación (5) será necesario asignar una máquina más y el tiempo para dicha estación es:  $\frac{7}{2} = 3.5'$

En la estación (6) será necesario aumentar dos máquinas más, luego el tiempo para esta estación es:  $\frac{9}{3} = 3'$

Gráficamente:

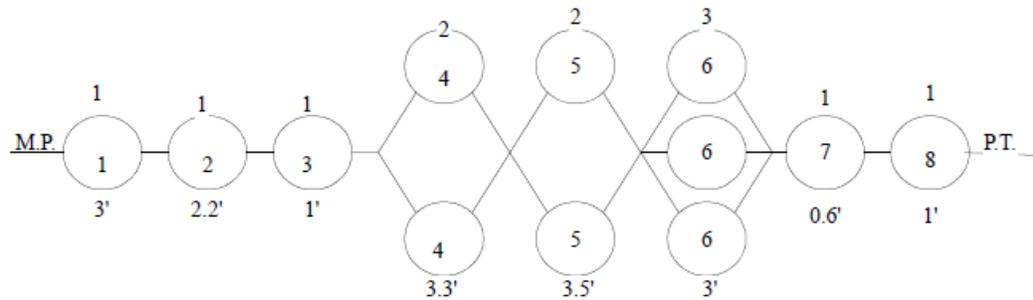
Red inicial:

Figura 50: Red inicial.



Red después del balance:

Figura 51: Red después del balance.



Calculando sus indicadores:

- I. Producción = 17 unidades/hora
- II. Tiempo muerto:

$$T = Kc - Ti = 8 * (3.5) - 3 + 2.2 + 1 + 3.3 + 3.5 + 3 + 0.6 + 1)$$

$$T = \frac{10.4 \text{ Minutos}}{\text{Unidad}}$$

- III. Eficiencia

$$E = \frac{\sum_{i=1}^K (a_i + t_i)}{nc} * 100$$

Donde:

n = número de máquinas en la red determinada

c = ciclo para la misma red.

$\sum (a_i + t_i)$  = Es el mismo valor obtenido para la situación inicial = 30.4 minutos.

n = 12 y c = 3.5

Luego tendremos:

$$E = \frac{30}{12 * 3.5} * 100 = 72\%$$

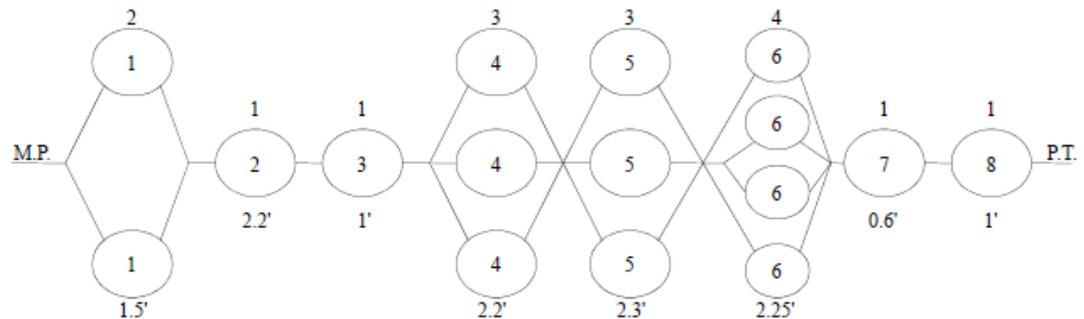
### Caso B:

Consideremos ahora, que por exigencias del mercado es necesario producir 24 unidades/hora. Entonces se tiene:

$$C = \frac{Tbase}{Produccion} = \frac{60 \frac{Minutos}{Hora}}{24 \frac{Unidad}{Hora}} = 2.5 \frac{minutos}{unidades}$$

Luego procediendo como en "A", la red actual será:

Figura 52: Red Actual del producto A.



En esta situación se consigue un ciclo o cuello de botella menor al requerido  $c = 2.3 \frac{Minutos}{Unidad}$

### Calculando indicadores:

#### Producción:

Debido a la asignación de máquinas, el ciclo requerido (2.5) se ve reducido a (2.3), luego la producción real que se obtiene si se trabaja a tiempo base completo es:

$$\text{Producción} = \frac{60}{2.3} = 26 \frac{\text{Unidades}}{\text{Hora}}$$

Para cumplir con la demanda real del mercado y para no acumular inventarios, se trabaja solo parte del tiempo base:

$$\text{Es decir: } T_{\text{base}} = 24 \frac{\text{Unidades}}{\text{Hora}} * 2.3 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}$$

$$\text{Es decir: } T_{\text{base}} = 55.2 \frac{\text{Minutos}}{\text{Hora}}$$

#### Tiempo muerto:

$$\delta T = Kc - \sum Ti$$

$$\delta T = 8 (2.3) - (1.5 + 2.2 + 1 + 2.2 + 2.3 + 2.25 + 0.6 + 1)$$

$$\delta T = 5.35 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}$$

#### Eficiencia

$$E = \frac{30.4}{16 * 2.3} * 100 = 82.6\%$$

### Caso C:

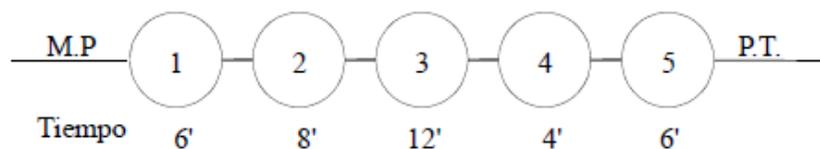
Actualmente una fábrica presenta el siguiente esquema de producto.

ESTACION	TIEMPO DE ALIMENTACION	TIEMPO DE MAQUINA
1	2 min	4 min
2	3 min	5 min
3	4 min	8 min
4	1.5 min	2.5 min
5	1.5 min	4.5 min

En base a estos datos se pide:

- a) Determinar la producción diaria actual de la red y sus indicadores respectivos.

Figura 48: Red inicial.



SOLUCION A:

- I. Producción:

Ciclo = 12 min/unidad

$$\frac{\text{Produccion}}{\text{Dia}} = \frac{480 \frac{\text{Minutos}}{\text{Dia}}}{12 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}} = 40 \frac{\text{unidades}}{\text{dia}}$$

- II. Tiempo muerto:

$$T = Kc - Ti = 12 * 5 - 36 = 24 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}$$

III. Eficiencia

$$E = \frac{36}{60} * 100 = 60\%$$

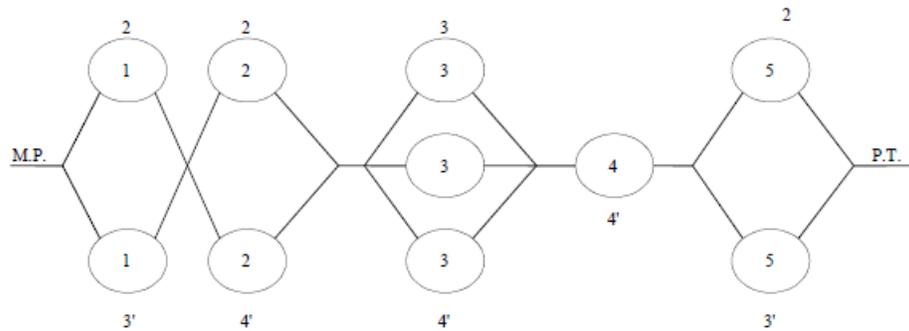
b) Balancear la línea cuando el mercado requiere 20 unidades/día.

Demanda = 120 Unidades/Día

Producción = Demanda

$$\text{Ciclo} = \frac{T_{\text{base}}}{\text{producción}} = \frac{480}{120} = 4 \frac{\text{Minutos}}{\text{Unidad}}$$

Figura 49: Red Final.



c) Hallar los indicadores respectivos para esta red y comparar con la red inicial.

**Indicadores:**

**Producción:**

Producción:

$$\text{Producción} = \frac{480}{4} = 120 \text{ unidades/día}$$

$$E = \frac{36}{40} * 100 = 90\%$$

$$\delta T = 5(4) - (3+4+4+4+3) = 2 \frac{\text{minutos}}{\text{unidad}}$$

Conclusión:

Se reduce en 22 minutos el tiempo muerto, y la eficiencia aumenta hasta el 90%.

d) Calcular el número de operarios que se requieren para la atención de las máquinas de la red balanceada.

Se sabe:

$$N = \text{Numero de Maquina} = \frac{L+m}{L+w} = \frac{a+t}{a}, W=0$$

N = número de máquinas que puede atender un operario

Para esto se toma la situación inicial

Por ejemplo: En la estación (1) hay dos máquinas en la red balanceada, pero:

$$N = \frac{(2+4)}{2} = 3 \frac{\text{maquinas}}{\text{Operario}}$$

Este valor indica que un solo operario puede atender hasta 3 máquinas en dicha estación.

Por tanto, se asignó un operario a esta estación para atender las dos máquinas existentes.

El análisis es similar para las otras estaciones.

ESTACION	Nº MAQUINAS	ESTACION	Nº OPERARIOS
1	2	6/2=3	1
2	2	8/3=3	1
3	3	12/4=	1
4	1	4/1.5=	1
5	2	6/1.5=	1

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Abuhadba Ortiz, S. V. (2017). *METODOLOGÍA 5 S Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA TACHI S.A.C. 2014*". [Tesis pregrado, Universidad Autónoma del Perú], Lima, Perú.
- Bernal, R. G. (12 de abril de 2012). *GRAFICOS PAAR CONTROLAR PROCESOS*. Obtenido de PDCAHOME: <https://www.pdcahome.com/diagramas-de-control/>
- Betancourt, D. (21 de junio de 2021). *COMO HACER UN GRAFICO DE CONTROL*. Obtenido de INGENIO EMPRESA: <https://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control/>
- Betancourt, D. F. (03 de Febrero de 2019). *Qué es el estudio de métodos y cómo se hace en 8 etapas*. Recuperado el 06 de Julio de 2021, de <https://www.ingenioempresa.com/estudio-de-metodos/>
- Bocangel Weydert, G. A. (20 de Abril de 2019). *HERRAMIENTAS REACTIVAS PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS*. Huanuco, Huanuco, Peru.
- Bocangel, G. (2020). Balance de Linea. *Ingenieria de metodos I* (pág. 120). Huánuco: UNHEVAL.
- Bocangel, G. (2020). Diagrama de actividades multiples. *Ingenieria de metodos I* (pág. 9). Huánuco: UNHEVAL.
- Criollo, R. G. (1998). *Estudio del trabajo*. Puebla : Mc Graw Hill.
- Da Silva, R. O. (2002). *Teorías de la Administración*. Ciudad de México: Internacional Thomson Editores.
- Falzatev. (2012). *Como elaborar listas de chequeo*. Obtenido de : <http://cgeconsultoria.com/como-elaborar-listas-de-chequeo/>
- Gervasi, O. V. (2012). *APUNTES DE INGENERIA DE METODOS*. Chiclayo-Peru: Macchi.
- González, R. G. (23 de junio de 2012). *PDCA Home*. Obtenido de Diagramas de control: <https://www.pdcahome.com/diagramas-de-control/>

- Izar, J. M. (2004). *Las 7 Herramientas Basicas de la Calidad*. Mexico: Editorial Universitaria Potosina.
- Kanawaty, G. (1998). *INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DEL TRABAJO*.
- LETICIA, S. A. (2016). *Estudio del trabajo I*. Tijuana B.C.
- Lobaugh, M. (2008). The value of Value Stream Mapping to students. *Proceedings of the 2008 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, (págs. 1-12).
- Locher, D. (2011). Value Stream Mapping for Lean Development. *A How-To Guide for Streamlining Time to Market*.
- Lopez Peralta , J., Alarcón Jimenez , E., & Rocha Pérez, M. (2014). *Estudio del trabajo*. México. Obtenido de [https://www.academia.edu/45122657/ESTUDIO\\_DEL\\_TRABAJO\\_Juli%C3%A1n\\_L%C3%B3pez\\_Peralta\\_Enrique\\_Alarc%C3%B3n\\_Jim%C3%A9nez\\_Mario\\_Antonio\\_Rocha\\_P%C3%A9rez](https://www.academia.edu/45122657/ESTUDIO_DEL_TRABAJO_Juli%C3%A1n_L%C3%B3pez_Peralta_Enrique_Alarc%C3%B3n_Jim%C3%A9nez_Mario_Antonio_Rocha_P%C3%A9rez)
- López, B. S. (21 de junio de 2021). *Ingenieria Industrial Online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/estudio-de-movimientos/>
- Mancera, M. (2008). *Lista de chequeo*. Obtenido de <http://manceras.com.co/publicaciones.htm>
- Mejía Cañas, C. A. (Octubre de 1998). *Planning Consultores Gerenciales*. Obtenido de [http://www.planning.com.co/bd/valor\\_agregado/Octubre1998.pdf](http://www.planning.com.co/bd/valor_agregado/Octubre1998.pdf)
- OCEE. (1950). *Productividad*.
- Oliva, P. (2009). *Listas de chequeo como técnica de control*. Obtenido de <http://www.minsal.gob.cl/porta1/url/item/7cf9e499a55c4cc7e04001011f016c69.pdf>
- Rodríguez Cardoza, J. R. (2010). *Estrategia de las 5S*. Tegucigalpa.

- ROLDÁN, J. M. (13 de junio de 2020). *DIAGRAMA DE CORRELACION DISPERSION*.  
Obtenido de JOMANELIGA.ES:  
[http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama\\_Correlacion\\_Dispersion.pdf](http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_Correlacion_Dispersion.pdf)
- Rother, M. y. (2019). *Learning to see: Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Brookline, USA.
- Salazar, L. B. (20 de Junio de 2019). *Ingeniería Industrial*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-bimanual/>
- Salazar, L. B. (26 de Junio de 2019). *INGENIERÍA INDUSTRIAL*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/herramientas-para-el-estudio-de-tiempos/>
- Stincer Gomez, J. (2012). *Introducción a la Ingeniería Industrial* . México: Red Tercer Milenio .
- Velazquez, R. P. (2011). *Desarrollo de un simulador conductual para la formación en gestión empresarial basada en Lean*.
- Villaseñor, A. (2007). *Manual de Lean Manufacturing*. Limusa, México.
- wikipedia. (01 de julio de 2021). *es.wikipedia.org*. Obtenido de wikipedia:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Winslow\\_Taylor](https://es.wikipedia.org/wiki/Frederick_Winslow_Taylor)
- Zousa, I. d. (20 de junio de 2020). *Diagrama de pareto y sus multiples utilidades*. Obtenido de rockcontent.com: <https://rockcontent.com/es/blog/diagrama-de-pareto/>

## 9. LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Proceso del Néctar de Piña .....	8
Figura 2: Esquema Diagrama de Causa Efecto o Diagrama de Ishikawa.....	27
Figura 3: Formato Checklist.....	36
Figura 4: Formato gráfico de checklist. ....	37
Figura 6: Sistema de control de procesos.....	40
Figura 7: Ejemplo de Gráfica de Control.....	40
Figura 8: Guía para Elegir Gráfica de Control.....	41
Figura 9: Gráfica X .....	45
Figura 10: Gráfica S.....	46
Figura 11: Explicación de los Símbolos del diagrama de operaciones (DOP).....	47
Figura 12: Ejemplo de encabezado del DOP .....	48
Figura 13: Numeración de operaciones e inspecciones. ....	48
Figura 14: Ejemplo DE DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA LA PRODUCCION DE SABANAS.....	49
Figura 15: símbolos del Diagrama de análisis de Procesos (DAP).....	50
Figura 16: Diagrama de Análisis de Procesos numeración de símbolos. ....	51
Figura 17: Diagrama de análisis de Procesos (DAP) tipo material.....	52
Figura 18: Diagrama de análisis de Procesos (DAP) tipo hombre.....	53
Figura 19: DAP del procesado del café pergamino en grano Parte 1 .....	54
Figura 20: DAP del procesado del café pergamino en grano Parte 2 .....	55
Figura 21: Ejemplo de Diagrama de circulación.....	56
Figura 22: datos de las ventas de la empresa de computadoras en un año.....	59
Figura 23: Diagrama de Pareto o Análisis ABC .....	60
Figura 24: Diagrama de Dispersión .....	61
Figura 25: Gráfica de Dispersión .....	63
Figura 26: Representamos en el gráfico la recta de regresión: .....	65
Figura 27 Formato para el Estudio de Tiempos .....	70
Figura 28 Ejemplo Desarrollado del Rellenado de un Diagrama Bimanual.....	71
Figura 29: Ejemplo de hoja de Instrucciones .....	74

Figura 30: Grafica de Aprendizaje de habilidades motoras .....	79
Figura 31: Grafica Habilidades, destrezas, capacidades y eventos .....	79
Figura 32: Ejemplo de distribución.....	86
Figura 33: Diagrama hombre - maquina .....	88
Figura 34: Diagrama de cuadrículas .....	89
Figura 35: Diagrama de varios hombres - máquina .....	89
Figura 36: método actual.....	91
Figura 37: Método propuesto.....	93
Figura 38: Áreas de trabajo para hombres .....	101
Figura 39: Áreas de trabajo para mujeres .....	101
Figura 40: Incorrecta distribución de movimientos de brazos .....	103
Figura 41: Correcta distribución de movimientos de brazos .....	103
Figura 42: Balance para 2 productos.....	118
Figura 43: Tiempos para una maquina con dos productos.....	118
Figura 44: Línea productiva del primer ejercicio propuesto.....	121
Figura 45: Línea productiva situación inicial del producto A.....	122
Figura 46: Línea productiva situación Propuesta del producto A.....	122
Figura 47: Línea productiva situación inicial del producto B.....	123
Figura 48: Línea productiva situación inicial del producto B.....	124
Figura 49: Línea productiva del producto A.....	126
Figura 50: Línea productiva del producto B. ....	127
Figura 51: Red inicial.....	129
Figura 52: Red después del balance.....	129
Figura 53: Red Actual del producto A. ....	130

## 10. LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Datos empresa Carlitos S.A.C .....	6
Tabla 2: Estructura de costos inicial .....	7
Tabla 3: Estructura de Costos .....	9
Tabla 4: Datos empresa Alexia SAC .....	16
Tabla 5: Datos ejercicio propuesto.....	18
Tabla 6: Datos Ejemplo 1.....	44
Tabla 7: Datos gráfico S.....	45
Tabla 8: Datos Gráfica de Dispersión .....	62
Tabla 9: Datos para la elaboración del ejemplo del diagrama Hombre - Maquina.....	90
Tabla 10: Información cuantitativa del método actual.....	92
Tabla 11: Resultados del Método Propuesto.....	94
Tabla 12: Datos de las operaciones para el ejemplo .....	94
Tabla 13: Datos de identificación .....	95
Tabla 14: Cuerpo del diagrama .....	96
Tabla 15: Clasificación de los movimientos .....	102
Tabla 16: Estudio de movimientos.....	105

La ingeniería de metodos  
es el núcleo de todo ingeniero  
industrial ya que contiene  
procedimientos y herramientas  
para la mejora de procesos  
y generación de valor.