



**PROGRAMA EDUCATIVO DE MECÁNICA ÁREA INDUSTRIAL**

**MANUAL DE ASIGNATURA**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CUERPO COLEGIADO DE DIRECTORES Y PROFESORES**

**AAGOSOTO 2017**

## I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería industrial es una rama de la ingeniería que se ocupa de planear, diseñar, instalar, operar, analizar y mejorar procesos productivos integrados por factor humano, materiales, información, tecnología, energía y recursos financieros, a través de la conducción de procesos de cambio y de mejora continua con una perspectiva integradora y estratégica.

La asignatura Ingeniería Industrial pretende mostrar un panorama general del soporte técnico de sistemas mecánicos considerando el diagnóstico y reparación para el óptimo funcionamiento del, e introducirlos a las disciplinas que integran la Ingeniería Industrial.

Debido a los cambios vertiginosos que han sufrido las empresas en el mundo globalizado de hoy, la permanencia en el mercado solo es posible si se trabaja en base a calidad y precio, lo que exige que las empresas sean administradas de una manera inteligente que les permita utilizar sus recursos de la mejor manera posible.

Para los ingenieros mecánicos es muy importante especializarse en algún área a través de la experiencia laboral que les provea, además de un currículum interesante, más herramientas y mejores prácticas para las necesidades específicas de algún campo en concreto.

Las herramientas fundamentales que generan una mejora en la productividad incluyen métodos de inspección y muestreo, herramientas de calidad y mejora continua, estudio de tiempos estándares (medición del trabajo), control estadístico del proceso y el diseño del trabajo.

De ahí la importancia de que los alumnos de la carrera de TSU en Mecánica área Industrial de la UTSOE logren entender cómo utilizar estos principios a fin de implementar metodologías adecuadas de producción en las empresas.

Finalmente y después de abordar los temas descritos en el presente manual el alumno tendrá bien claros conceptos claves que podrá aplicar en sistemas reales. Una vez establecida la relevancia de la asignatura en la carrera de TSU en Mecánica área Industrial, se plantea que el objetivo de aprendizaje de la asignatura es:

*El alumno formulará la estructura organizacional, programación lineal, estudio de tiempos y movimientos mediante el control estadístico del proceso (CEP) para optimizar un proceso productivo.*

## II. FICHA TÉCNICA INGENIERÍA INDUSTRIAL

<b>1. Competencias</b>	Dirigir el soporte técnico de sistemas mecánicos considerando el diagnóstico y reparación para el óptimo funcionamiento del equipo
<b>2. Cuatrimestre</b>	Quinto
<b>3. Horas Teóricas</b>	22
<b>4. Horas Prácticas</b>	53
<b>5. Horas Totales</b>	75
<b>6. Horas Totales por Semana Cuatrimestre</b>	5
<b>7. Objetivo de aprendizaje</b>	El alumno formulará la estructura organizacional, programación lineal, estudio de tiempos y movimientos mediante el control estadístico del proceso (CEP) para optimizar un proceso productivo.
<b>8. Justificación</b>	El alumno del programa educativo de TSU en Mecánica área Industrial requiere, tener un panorama general de las áreas que forman esta disciplina, así como las herramientas de análisis y diseño de sistemas, y métodos para la administración, evaluación y mejora del trabajo industrial.

<b>Capacidades a desarrollar en la asignatura</b>	<b>Competencias a las que contribuye la asignatura</b>
<p>El alumno elaborará la estructura organizacional y el perfil de puestos de una empresa para contribuir a su rentabilidad.</p> <p>El alumno seleccionará el método de inspección y muestreo para el estudio de un proceso productivo.</p>	<p>Diseñar propuesta de mejora mediante el diagnóstico de la organización y la evaluación de opciones para mejorar el desempeño de aquella.</p>

<p>El alumno utilizará las siete herramientas de calidad y las técnicas de mejora continua para eficientar un proceso productivo.</p> <p>El alumno elaborará graficas de control de CEP para determinar la capacidad y rango de un proceso productivo.</p> <p>El alumno establecerá modelos matemáticos para resolver problemas en un proceso productivo.</p> <p>El alumno elaborará los diagramas correspondientes al estudio de tiempos y movimientos para optimizar la productividad.</p>	<p>Verificar propuesta de mejora con base en los resultados de la implantación para hacer efectiva la mejora.</p>
--	---

Unidades de Aprendizaje	Horas		
	Teóric as	Práctic as	Total es
<b>I. Principios de la ingeniería industrial.</b>	2	4	6
<b>II. Inspección y muestreo.</b>	3	7	10
<b>III. Filosofías, herramientas de calidad y mejora continua.</b>	5	11	16
<b>IV. Control estadístico del proceso (CEP).</b>	2	6	8
<b>V. Métodos de programación lineal.</b>	4	11	15
<b>VI. Estudio de tiempos y movimientos.</b>	6	14	20
	<b>22</b>	<b>53</b>	<b>75</b>

### III. DESARROLLO

#### Unidad I. Principios de la ingeniería industrial

##### 1.1 Evolución de la ingeniería industrial.

Uno de los grandes despegues de la ingeniería industrial fue la revolución industrial, pues las exigencias de la sociedad obligaron a las empresas a mejorar la producción, más rápidos más barato y con mayor calidad. Algunos de los mejores aportadores en la materia fueron:

**Frederick Winslow Taylor** (1856-1915) Ingeniero Mecánico y economista estadounidense, promotor de la organización científica del trabajo. En 1878 efectuó sus primeras observaciones sobre la industria del trabajo en la industria del acero. A ellas les siguieron, una serie de estudios analíticos sobre tiempos de ejecución y remuneración del trabajo. Sus principales puntos, fueron determinar científicamente trabajo estándar, crear una revolución mental y un trabajador funcional.

Antes de las propuestas de Taylor, los obreros eran responsables de planear y ejecutar sus labores. A ellos se les encomendaba la producción y se les daba la “libertad” de realizar sus tareas de la forma que ellos creían era la correcta.

A continuación se presentan los principios de Taylor:

- Estudio de Tiempos.
- Estudio de Movimientos.
- Estandarización de herramientas.
- Departamento de planificación.
- Principio de administración por excepción.
- Tarjeta de enseñanzas para los trabajadores.
- Reglas de cálculo para el corte del metal.
- El sistema de ruteo.
- Métodos de determinación de costos.
- Selección de empleados por tareas.
- Incentivos si se termina el trabajo a tiempo.

Taylor tenía tres objetivos principales:

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, les enseñan y les forman, mientras que en el pasado cada trabajador elegía su propio trabajo y aprendía por sí mismo como mejor podía.
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.

Los argumentos de Taylor para la aplicación de sus propuestas son para él, el hombre es, por naturaleza, perezoso e intenta escudarse en ello para realizar lentamente su trabajo haciendo creer al empresario que está dando lo mejor de sí. De ahí que se deben medir los tiempos y los movimientos de estos trabajadores para estudiarlos y encontrar la mejor combinación de movimientos musculares para elevar la producción y, también, dar uniformidad a los procesos, lo que no ocurría en el antiguo sistema. Para ello era necesario dividir entre quienes piensan las mejores maneras de hacer el trabajo y quienes tienen las fortalezas físicas para ejecutarlo, a los primeros se les daba la responsabilidad de adiestrar a los segundos hasta obtener de ellos el mayor rendimiento que su cuerpo pudiera dar. También habla de la especialización de tareas, pues de esta manera, el trabajador gana más tiempo y destreza haciendo lo mismo todos los días. [1]

**Henry Ford** (Dearborn, Michigan, 1863-1947) fue un industrial estadounidense, fundador de la compañía automotriz Ford Motor Company y padre de las cadenas de producción modernas utilizadas para la producción en línea. Como único propietario de la compañía Ford, se convirtió en una de las personas más conocidas y ricas del mundo. A él se le atribuye el Fordismo, sistema que se desarrolló entre fines de la década de los 30 y principios de los 40 y que creó mediante la fabricación de un gran número de automóviles de bajo costo mediante la producción en línea. Este sistema constaba de la utilización de maquinaria especializada y un número elevado de trabajadores en plantilla con salarios elevados.



Figura 1. Sistema de producción en línea

Este modo de producción resulta rentable siempre que el producto pueda venderse a un precio bajo en una economía desarrollada.



Figura 2. Procesos de ensamble en Ford Motor Company

El Fordismo apareció en el siglo XX promoviendo la especialización, la transformación del esquema industrial y la reducción de costos. Esto último, a diferencia del taylorismo, se logró no a costa del trabajador sino a través de una estrategia de expansión del mercado. La idea de sumar la producción en línea a la producción de mercancías no sólo originó transformaciones sociales sino también transformaciones culturales que podemos resumir en la idea de cultura de masas o más media. Como ejemplo se puede hablar de la creación de automóviles en serie, luego esto giraría al aumento de las ciudades, autopistas y bienes como televisores, lavadoras, etc.

En resumen, podemos contar como elementos centrales del modelo Fordista:

- Organización del trabajo diferenciada (aumento de la división del trabajo).
- Profundización del control de los tiempos productivos del obrero (vinculación tiempo hombre/máquina).
- Reducción de costos y aumento de la circulación de la mercancía (expansión del mercado) e interés en el aumento del poder adquisitivo de los asalariados.
- Políticas de acuerdo entre obreros organizados (sindicato) y el capitalista [1].

## 1.2 Campo de aplicación

El objetivo de la ingeniería industrial es crear procedimientos de ejecución cada vez mejores. Dirigir los procesos de ingeniería y sistemas que mejoran la calidad y la productividad. Trabajar para eliminar sobreproducciones, esperas, movimientos innecesarios, productos defectuosos; optimizar transportes, inventarios, operaciones, el uso del recurso energético y la utilización de la habilidad humana. Por ello, muchos ingenieros industriales terminan siendo promovidos a puestos de dirección.

Muchas personas tienden a confundirse con el término **Ingeniería Industrial**, pues piensan que se ocupa de forma exclusiva de la producción. Sin embargo, el campo de acción del profesional en Ingeniería Industrial abarca óptimamente las industrias de servicios, dado que el Ingeniero Industrial es un agente optimizador de procesos.

La ingeniería industrial entre muchas otras actividades, te capacita para:

- Diseñar sistemas de inventarios.
- Diseñar y mejorar sistemas y métodos de trabajo.
- Establecer normas y estándares de producción.
- Diseñar e implementar sistemas de salarios e incentivos y sistemas de control de calidad.
- Diseñar y evaluar proyectos de inversión y comparación de alternativas económicas.
- Diseñar y administrar sistemas de producción y de manejo de materiales.
- Realizar análisis e investigación de mercado.
- Proyectar la localización y/o distribución de planta.
- Organizar, dirigir y controlar el factor humano dentro de la empresa,
- Aplicar técnicas de diagnóstico industrial para la empresa.
- Participar en la elaboración de programas de seguridad industrial.
- Colaborar interdisciplinariamente en el diseño y/o modificación de productos [2].

## 1.3 Estructura organizacional y sus funciones

La estructura organizacional es la distribución a lo largo de varias líneas, de personas entre posiciones sociales que influyen en las relaciones de los papeles entre esta gente, en consecuencia es la división del trabajo, a la gente se le dan diferentes tareas o puestos dentro de las organizaciones, las organizaciones tienen rangos o una jerarquía, las posiciones que ocupa la gente tienen reglas y reglamentos que especifican, en diferentes grados, cómo deben comportarse los que ocupan estas posiciones [3].



Las estructuras organizacionales tienen tres funciones, las estructuras tienen la intención de elaborar productos organizacionales y alcanzar objetivos organizacionales en segundo lugar, las estructuras se diseñan para minimizar, o por lo menos regular, la influencia de las variaciones individuales sobre la organización las estructuras se imponen para asegurarse de que los individuos se ajustan a los requisitos de las organizaciones, y no viceversa.

La facilitación organizacional ayuda a la ingeniería industrial a través de técnicas desarrolladas, alcanzar un mejor desempeño de los operarios, compenetrar con el personal para que realicen su labor eficientemente haciendo saber a cada empleado que es parte importante; la facilitación organizacional se enfoca en la cultura y los procesos, fomenta la colaboración entre los líderes de la organización y los miembros en la administración de la cultura y los procesos. Se concentra primordialmente en el aspecto humano y social de la organización, el desarrollo organizacional adopta una perspectiva del desarrollo que busca el mejoramiento tanto de los individuos como de la organización. (Ver figura 3 Y 4)

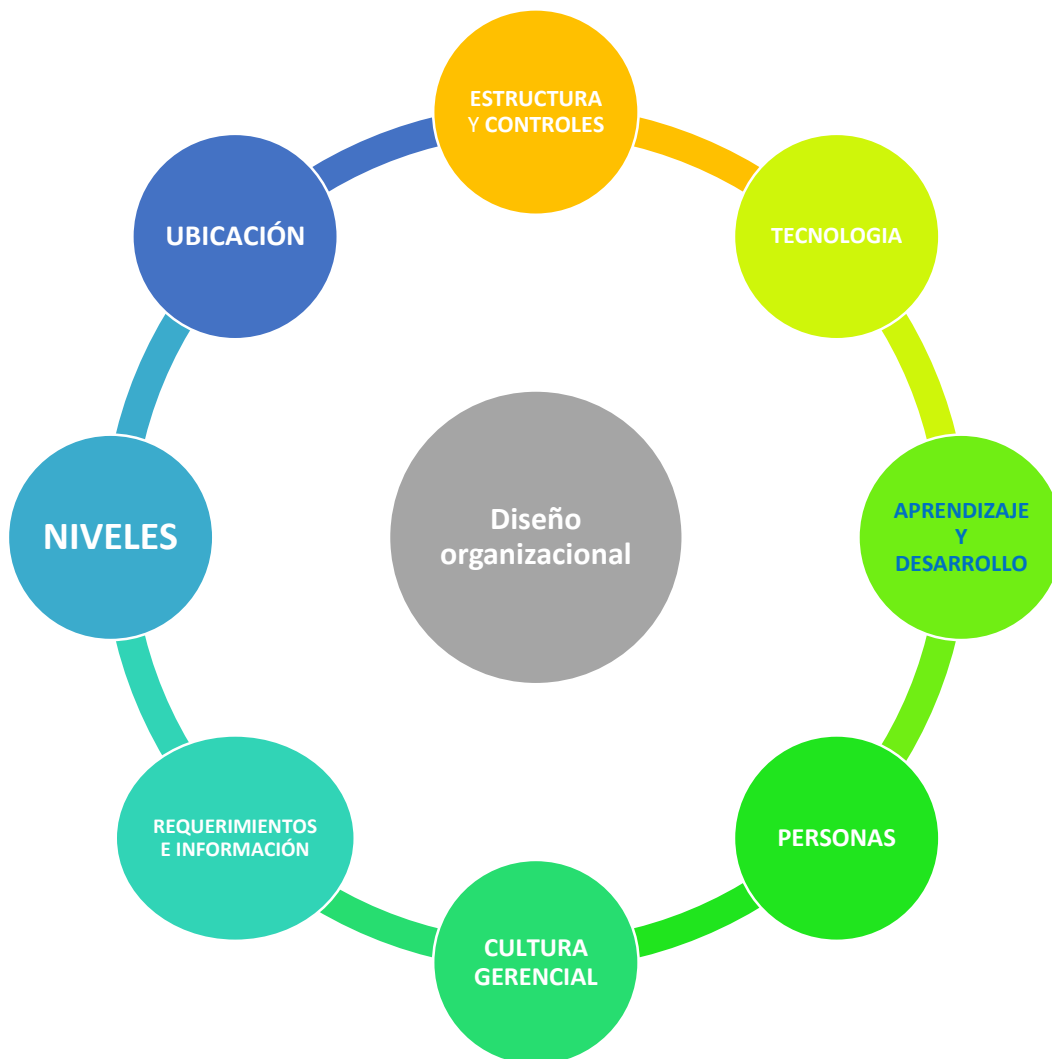


Figura 3. Diseño organizacional

### 1.3.1 Tipos de estructura organizacional

#### Funcional

Organización donde los miembros del equipo trabajan para un departamento y pueden ser prestados a un proyecto ocasionalmente. Tiene a cargo un **Gerente Funcional**. Ventajas: Mayor funcionalidad, alto grado de especialidad, Mejoras en las líneas de carrera. Desventajas: Poca autoridad del gerente, burocracia, recursos ocasionalmente no otorgados

#### Divisional

Poseen un **Gerente de proyecto**. La organización está estructurada de acuerdo a divisiones o proyectos y no a departamentos. Ventajas: el gerente tiene gran autoridad, comunicación fluida, lealtad de proyecto. Desventajas: dificultad en cuanto al crecimiento y desarrollo de los miembros.

#### Mixta o Matricial

Organización Híbrida donde los individuos reportan a un **Gerente de Proyecto** y a un **Gerente Funcional**. **Poder balanceado entre ambos**. Ventajas: lo mejor de funcional y divisional. Desventajas: Esfuerzo doble, aumento de conflicto y menos lealtad [4]. Véase figura 4, 5, 6, 7.



Figura 4. Tipos de estructura organizacional.

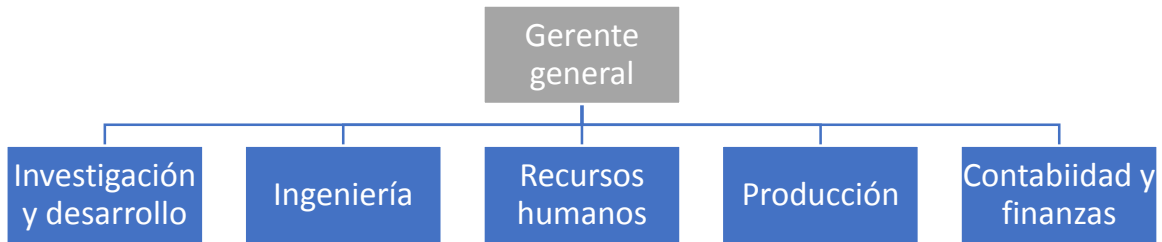


Figura 5. Estructura funcional

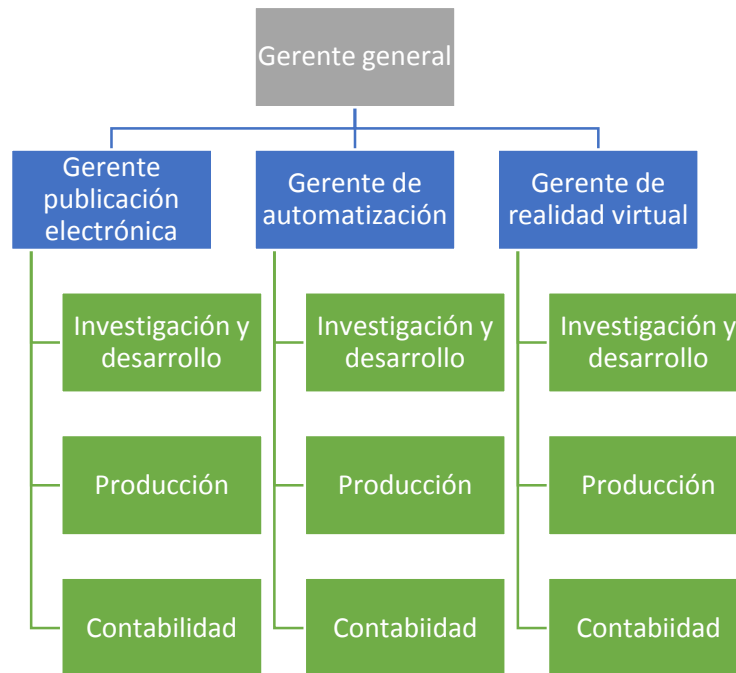
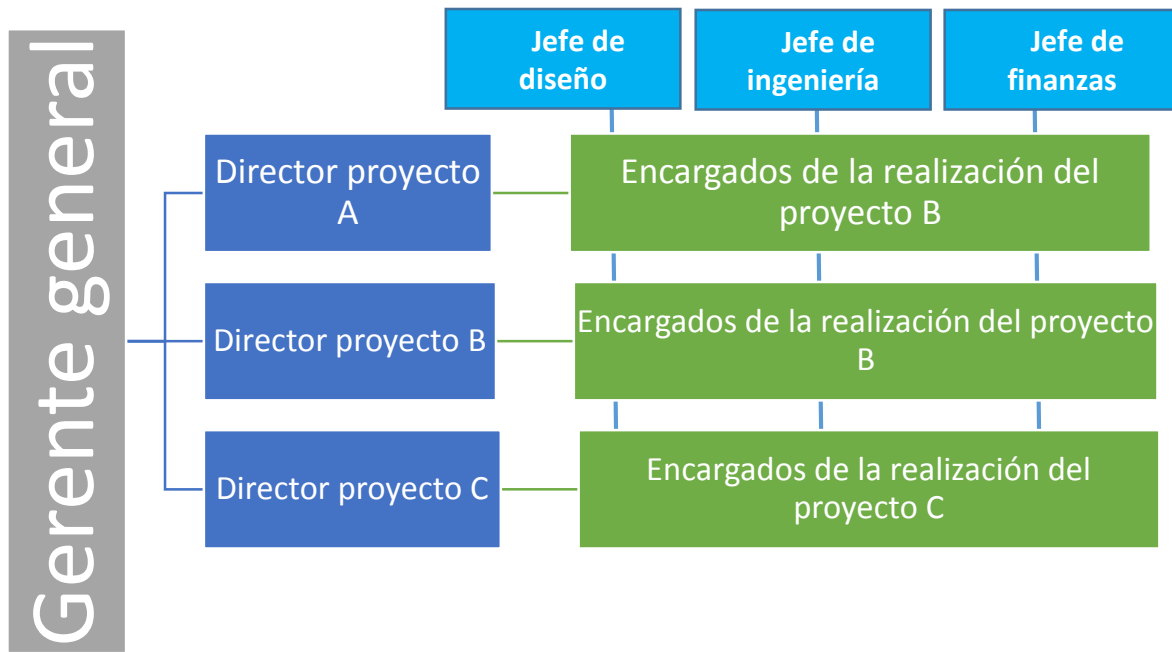


Figura 6. Estructura divisional

Figura 7. Estructura divisional



## Unidad 2. Inspección y muestreo

Un muestreo de aceptación consiste en evaluar un colectivo homogéneo a través de una muestra aleatoria, para decidir la aceptación o el rechazo del colectivo. Por tanto es necesario tener presente en todo momento que, en un muestreo, lo que se está evaluando es toda la población y no sólo la muestra, por lo que la cuestión es si una población, con las características inferidas a partir de los datos de la muestra observada, es aceptable o no.

El concepto de muestreo de aceptación va asociado a inspección, por lo que acarrea todos los problemas que supone confiar la calidad en la inspección. Sin embargo, esto no es achacable al muestreo en sí, ya que este mismo inconveniente lo tiene la inspección 100%.

La primera cuestión que se plantea ante una inspección de recepción es si se realiza un muestreo o si es preciso una inspección al 100%. Deming demuestra que la situación óptima (mínimo coste esperado) es:

Si  $p < k1/k2$  Aceptar sin inspección.

Si  $p > k1/k2$  Realizar inspección 100%.

Donde:

**p**: Peor fracción defectuosa esperada del lote.

**k1**: Coste de inspeccionar una pieza.

**k2**: Coste de aceptar una pieza defectuosa.

De acuerdo con este criterio, el muestreo no tiene sentido. No obstante hay que tener en cuenta lo siguiente:

- La inspección por medios destructivos no puede ser 100% por razones obvias.
- En el caso de lotes muy grandes la inspección 100% deja de ser 100% fiable debido a factores como la fatiga, etc. Además en lotes grandes la relación entre el tamaño de la muestra requerida y el tamaño del lote decrece, por lo que el empleo de métodos de muestreo puede estar justificado [5].

### 2.1 Tipos de muestreo de aceptación

Los planes de muestreo se pueden clasificar de diversas formas:

**De acuerdo con la naturaleza de la población base:**

- *Lote aislado*.
- *Lote a lote* (producción uniforme de lotes).
- *Fabricaciones continuas* (por ejemplo industria química, plantas embotelladoras, etc.).

#### De acuerdo con la naturaleza de la característica inspeccionada:

- *Por atributos*. La característica es de tipo cualitativo (pasa /no-pasa). Una variante es la que considera “el número de defectos”, de modo que una pieza puede estar penalizada por varios defectos.
- *Por variables*. La característica es de tipo cuantitativo (por ejemplo longitud, peso, etc.).

#### De acuerdo con el número de muestras a tomar:

- *Simples*. Se toma una muestra con la que hay que decidir la aceptación o el rechazo.
- *Dobles*. Se toman hasta dos muestras con las que hay que decidir la aceptación o el rechazo. Es posible aceptar o rechazar solo con la primera muestra si el resultado es muy bueno o muy malo. Si es un resultado intermedio, se extrae una segunda muestra. En principio el tamaño de las dos muestras puede ser diferente.
- *Múltiple*. Conceptualmente es igual al muestreo doble pero en este caso se extrae hasta  $n$  muestras diferentes.
- *Secuencial*. En este caso se van extrayendo los elementos uno a uno y según los resultados que se van acumulando de elementos aceptados y rechazados, llega  $n$  momento en el que se tiene información suficiente para aceptar o rechazar el lote.

## 2.2 Procedimiento

La metodología del muestreo del trabajo es la siguiente:

### 1. Pasos preliminares

- a) Definición de los objetivos, incluyendo especificación de las categorías de actividad por observar.
- b) Diseño del procedimiento de muestreo, lo que implica:
  - Estimación del número satisfactorio de observaciones que deben hacerse.
  - Selección de la longitud del trabajo
  - Determinación de los detalles del procedimiento de muestreo, tales como programación de las observaciones, método exacto de observaciones, diseño de la hoja de observaciones y rutas a seguir.

2. Recopilación de datos mediante la ejecución de un plan de muestreo previamente diseñado.
3. Procesamiento de cálculos.
4. Presentación de resultados.

### 2.3 Muestreo Lote a Lote

Este plan de muestreo es posiblemente el que ha tenido mayor difusión. Ha sido adoptado con pequeñas variaciones por casi todos los cuerpos de normas importantes (ANSI, ISO, BS, JIS, UNE, etc.). La revisión anterior (MIL-STD-105D) estuvo en vigor más de 25 años y la primera revisión data de 1950. La revisión actual no incluye ningún cambio en los fundamentos estadísticos, pero si actualiza su aplicación contractual.

El contenido de la norma es el siguiente:

- Los planes de muestreo de MIL-STD-105E se basan en el NCA, que deberá fijarse entre cliente y proveedor. En principio estos planes están pensados para inspección lote a lote aunque también se puede utilizar para el caso de lotes aislados; en este caso es necesario especificar cuál es la CL máxima que se admite.
- Existen tres niveles ordinarios de inspección, niveles I, II, y III, y otros cuatro especiales, niveles S-1, S-2, S-3 y S-4, que se utilizan en caso de ensayos destructivos o de inspecciones muy costosas. Estos niveles van en función de la complejidad y la responsabilidad del producto.
- Cuanto más alto es el nivel, mayor es el tamaño de la muestra y aumenta la discriminación del plan de muestreo. Si no se indica otra cosa se toma el nivel II.
- Existen tres tipos de planes: simples, dobles y múltiples, cuya elección queda a cargo del inspector que aplica la norma.
- Como se ha dicho anteriormente, esta norma está diseñada para series de lotes. Existen por tanto tres niveles de muestre o distintos según haya sido la historia de los lotes anteriores:
  - ⊗ Inspección Rigurosa.
  - ⊗ Inspección Normal.
  - ⊗ Inspección Reducida.

La inspección comienza en normal. Si dos de los 5 últimos lotes se han rechazado debe pasarse a rigurosa. Si estando en rigurosa se aceptan 5 lotes consecutivos, entonces debe pasarse a normal. Para pasar de normal a reducida es necesario que lo acepte el cliente, que los últimos 10 lotes (o más según los casos ver TABLA VIII) hayan resultado aceptables, que el número de componentes defectuosos no supere el marcado por la TABLA VIII y que la fabricación siga uniforme [6]. (Véase figura 8).

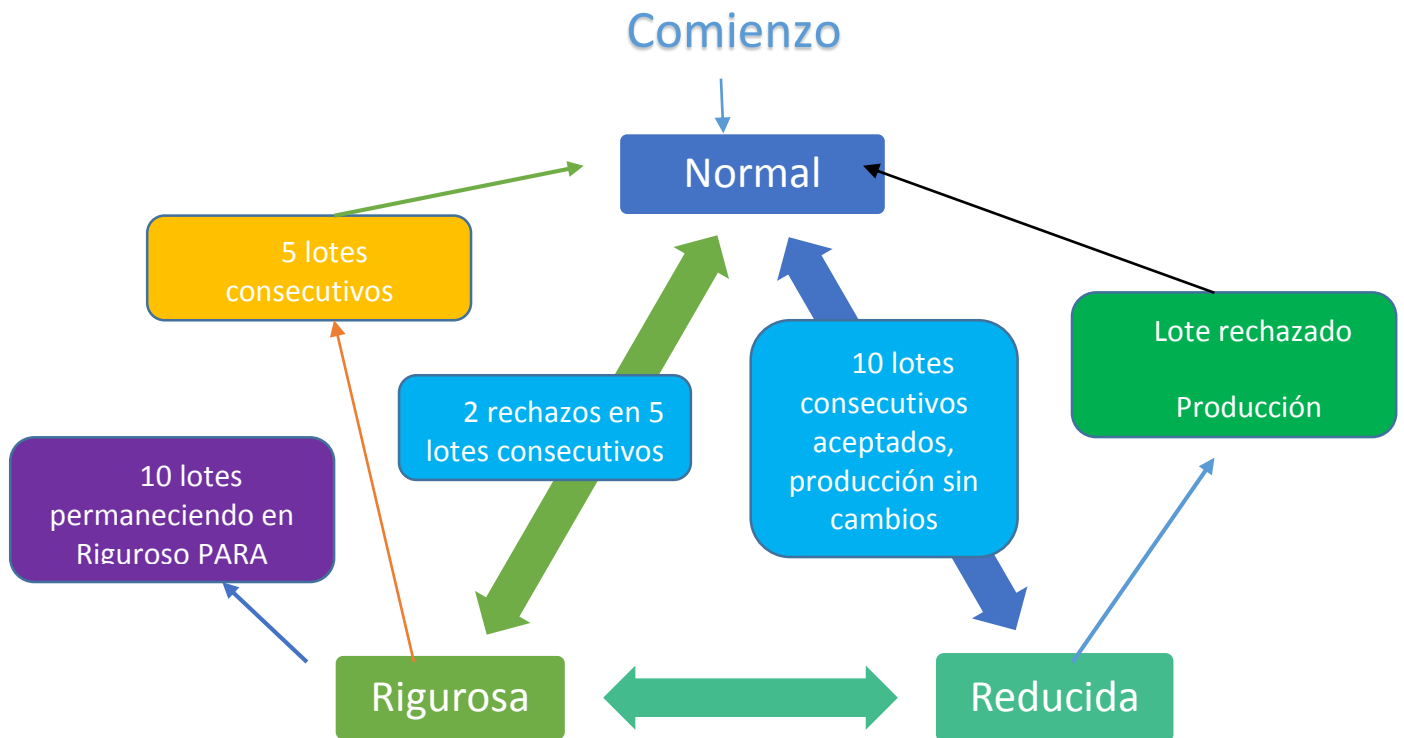


Figura 8. Inspección en MIL-STD-105D



## 2.4 Ejemplos de muestreo aleatorio y estratificado

Suponga que estamos investigando sobre el porcentaje de alumnos que trabajan de una población de 20 alumnos de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Base de datos de la población:

No.	Alumno	¿Trabaja?
1	Clemente	si
2	Dante	no
3	Maximiliano	no
4	Abril	no
5	Elvira	si
6	Francisco	si
7	Isabella	no
8	Camila	no
9	Emy	no
10	Gabriela	si

No.	Alumno	¿Trabaja?
11	Enrique	no
12	Julieta	no
13	Carmina	si
14	Sebastián	no
15	Leonardo	no
16	Luca	no
17	Santino	no
18	Agnes	no
19	Isis	si
20	Itzuri	si

*a. Elija una muestra aleatoria simple de tamaño  $n=4$  de esta población. Use la tabla de números aleatorios adjunta, empiece en la fila 1 columna 1 y continúe seleccionando hacia la derecha. Indique los pasos para elegir la muestra.*

Tabla 1. Números aleatorios

columna fila	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
1	10480	15011	01536	02011	81647	91646	69179	14194	62590	36207
2	22368	46573	25595	85393	30995	89198	37982	53402	93965	34095
3	24130	48360	22527	97265	76393	64809	15179	24830	49340	32081
4	42167	93093	06243	61680	07856	16376	39440	53537	71341	57004
5	37570	39975	81837	16656	06121	91782	60468	81305	49684	60672

**Respuesta:**

1. Asignamos un número a cada alumno.
2. Buscamos en la tabla de números aleatorios 4 números, de dos dígitos, entre el 1 y el 20, sin repetir (ver tabla 2)

Tabla 2. Selección números aleatorios

columna fila	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
1	10480	15011	01536	02011	81647	91646	69179	14194	62590	36207
2	22368	46573	25595	85393	30995	89198	37982	53402	93965	34095
3	24130	48360	22527	97265	76393	64809	15179	24830	49340	32081
4	42167	93093	06243	61680	07856	16376	39440	53537	71341	57004
5	37570	39975	81837	16656	06121	91782	60468	81305	49684	60672

Los números seleccionados son 10, 1, 11 y 20. Por lo tanto la muestra está determinada por: Clemente si trabaja, Gabriela si trabaja, Enrique no trabaja, Itzuri si trabaja.

**b. Indique cuál es el Parámetro y cuál es el Estadístico en (a).**

**Respuesta:**

El Parámetro es el porcentaje de alumnos que trabajan en la población de tamaño  $N=20$  alumnos, es decir:

$$p = \frac{n \text{ de personas que trabajan}}{N} = \frac{7}{20} = 0.35 \text{ o } 35\%$$

El Estadístico es el porcentaje de alumnos que trabajan en la muestra de tamaño  $n=4$  alumnos, es decir:

$$p = \frac{n \text{ de personas que trabajan}}{n} = \frac{3}{4} = 0.75 \text{ o } 75\%$$

*c. Elija una muestra estratificada de tamaño  $n=4$  de esta población. Use la tabla de números aleatorios, en cada alternativa empiece en la fila 1 columna 1 y continúe seleccionando hacia la derecha.*

Para elegir una muestra estratificada, primero se dividen los hombres de las mujeres y se asignan número de identificación a cada estrato:

Estrato Hombres

No.	Alumno	¿Trabaja?
1	Clemente	si
2	Dante	no
3	Maximiliano	no
4	Enrique	no
5	Sebastián	si
6	Francisco	si
7	Leonardo	no
8	Luca	no
9	Santino	no

Estrato Mujeres

No.	Alumno	¿Trabaja?
10	Gabriela	si
11	Abril	no
12	Julieta	no
13	Carmina	si
14	Elvira	no
15	Isabella	no
16	Camila	no
17	Emy	no
18	Agnes	no
19	Isis	si
20	Itzuri	si

Usando la tabla de números aleatorios, se elige un a muestra aleatoria simple de tamaño  $n=2$  de los hombres, buscando números del 1 al 9. Se parte de la fila 1 columna 1. Se usan dos dígitos.

Tabla 3. Números aleatorios para estrato de hombres

columna fila	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
1	10480	15011	01536	02011	81647	91646	69179	14194	62590	36207
2	22368	46573	25595	85393	30995	89198	37982	53402	93965	34095
3	24130	48360	22527	97265	76393	64809	15179	24830	49340	32081
4	42167	93093	06243	61680	07856	16376	39440	53537	71341	57004
5	37570	39975	81837	16656	06121	91782	60468	81305	49684	60672

Los números elegidos son 4 y 1. Por lo tanto la muestra del estrato de hombres que da constituida por Enrique que no trabaja y Clemente que si trabaja.

Usando la tabla de números aleatorios, se elige un a muestra aleatoria simple de tamaño  $n=2$  de las mujeres, buscando números del 1 al 11. Se parte de la fila 1 columna 1. Se usa un dígito.

Tabla 4. Números aleatorios para estrato de mujeres

columna Fila	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50
1	10480	15011	01536	02011	81647	91646	69179	14194	62590	36207
2	22368	46573	25595	85393	30995	89198	37982	53402	93965	34095
3	24130	48360	22527	97265	76393	64809	15179	24830	49340	32081
4	42167	93093	06243	61680	07856	16376	39440	53537	71341	57004
5	37570	39975	81837	16656	06121	91782	60468	81305	49684	60672

Los números elegidos son 1 y 4. Por lo tanto, la muestra del estrato de mujeres queda constituida por Gabriela y Carmina. Gabriela y Carmina SI trabajan. Por lo tanto, la muestra final queda constituida por Enrique, Clemente, Gabriela y Carmina. Finalmente, la proporción de alumnos que trabaja en la muestra estratificada es de 75 %.

## Unidad 3. Filosofías, herramientas de calidad y mejora continua.

### 3.1 Filosofías de calidad

#### W. Edwards Deming

“Calidad es traducir las necesidades futuras de los usuarios en características medibles, solo así un producto puede ser diseñado y fabricado para dar satisfacción a un precio que el cliente pagará; la calidad puede estar definida solamente en términos del agente”.

#### Joseph M. Juran

“La palabra calidad tiene múltiples significados. Dos de ellos son los más representativos.

1. La calidad consiste en aquellas características de producto que se basan en las necesidades del cliente y que por eso brindan satisfacción del producto.
2. Calidad consiste en libertad después de las deficiencias”.

#### Kaoru Ishikawa

“De manera somera calidad significa calidad del producto. Más específico, calidad es calidad del trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad de proceso, calidad de la gente, calidad del sistema, calidad de la compañía, calidad de objetivos, etc.”

#### Philip B. Crosby

“Calidad es conformidad con los requerimientos. Los requerimientos tienen que estar claramente establecidos para que no haya malentendidos; las mediciones deben ser tomadas continuamente para determinar conformidad con esos requerimientos; la no conformidad detectada es una ausencia de calidad”.

En resumen, podemos decir que **calidad es: Cumplir con los requerimientos que necesita el cliente con un mínimo de errores y defectos [5].**

Los objetivos de la calidad por una parte se busca la completa satisfacción del cliente para diferentes fines, lograr la máxima productividad por parte de los miembros de la empresa que genere mayores utilidades, y como un grado de excelencia.

## Manual de Asignatura Ingeniería Industrial

## 3.2 Cuadro comparativo de los principales Gurús de la Calidad

	William Edwards Deming	Kaoru Ishikawa	Philip Bayard Crosby	Joseph Moses Juran	Genichi Taguchi
<i>Nacimiento</i>	14 de octubre de 1900	13 de julio de 1915	18 de junio de 1926	24 de diciembre de 1904	1 de enero de 1924
<i>Fallecimiento</i>	20 de diciembre de 1993	16 de Abril de 1989	18 de agosto de 2001	28 de febrero de 2008	2 de junio de 2012
<i>Obra famosa</i>	"Calidad, Productividad y Competitividad: la salida de la crisis".	"¿Qué es el Control Total de la Calidad".	"Quality is Free".	"Juran on Planning for Quality".	"Diseños Robustos Utilizando los Métodos Taguchi".
<i>Enfoque de su filosofía</i>	Al producto	Al proceso	Al cliente	Al cliente	A los proceso y el producto
<i>Esencia de su filosofía</i>	Se basa en el Control Estadístico mediante el uso de técnicas estadísticas como medio de prevención de defectos en vez de su corrección	La calidad empieza con el cliente, por lo que entender sus necesidades nos dará las bases para mejorar.	Consiste en hacer las cosas bien y a la primera, hay que prevenir y no corregir y la calidad empieza en las personas no en las cosas.	Se refiere a la calidad empresarial mediante métodos estadísticos aplicados a los problemas de manufactura	Aplicación de estadística e ingeniería para la reducción de costos y mejora de la calidad en el diseño de productos y procesos.
<i>Concepto de Calidad</i>	GRADO DE SATISFACCIÓN: una mayor productividad que, a su vez, da lugar a una fuerza competitiva a largo plazo; es un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo, adecuado a las necesidades del mercado"	La calidad tiene que estar definida en términos de satisfacción del cliente.	CERO DEFECTOS: Se refiere a la conformidad con las especificaciones o cumplimiento de los requisitos y entiende que la principal motivación de la empresa es el alcanzar la cifra de cero defectos.	ADECUACIÓN AL USO: la satisfacción que da el producto o servicio al cliente, en el tiempo requerido y con el proposito para el cual fué diseñado; implica una adecuación de diseño.	REDUCCIÓN DE VARIACIONES: la calidad es algo que está siendo diseñado dentro del producto para hacer que este sea funcional.
<i>Aportaciones</i>	Los 14 Principios de Deming para el logro de la Calidad, el Ciclo PDCA y los 7 Pecados Mortales de la Gerencia.	Las 7 herramientas estadísticas básicas para CTC, los Círculos de Calidad, los 11 Principios de Ishikawa y el Diagrama Causa-Efecto	Los 4 Absolutos de la Calidad, Los 14 pasos de Crosby, Las 6 C's y 3 T's de Crosby y la Vacuna de la Calidad.	La conceptualización del Principio de Pareto y la Trilogía de Juran.	Diseños Robustos, La Función de Pérdidas y La Relación Señal / Ruido
<i>Factores que ocasionan la mala calidad</i>	La variación	La variación	No conocer los requisitos del cliente	Defectos en los procesos	Las variaciones
<i>Otros aspectos</i>	Calidad: Todo aquello que haga ahorrar a la empresa y a su vez cumplir con la entrega del producto al cliente. Premios a la calidad en su nombre.	Pensaba que el 95% de los problemas podían resolverse usando técnicas estadísticas elementales que no requieren conocimientos ni personas especializadas.	Exhortar o lograr cero defectos	Entre mejor sean las características mayor será la calidad, en cuanto a que menor sean las deficiencias mejor será la calidad. Reconozco la calidad cuando la veo.	La clave para la reducción de la pérdida no consiste en cumplir con las especificaciones, sino en reducir la varianza con respecto al valor objeto.

### 3.2 Herramientas de calidad

Las siete herramientas básicas de calidad es una denominación dada a un conjunto de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas enfocados a la calidad de los productos. Se conocen como “herramientas básicas” ya que son adecuadas para personas con poca formación en materia de estadísticas.

Las siete herramientas básicas son:

1. **Diagrama de Ishikawa:** también llamado diagrama de causa-efecto o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Ver figura 9.

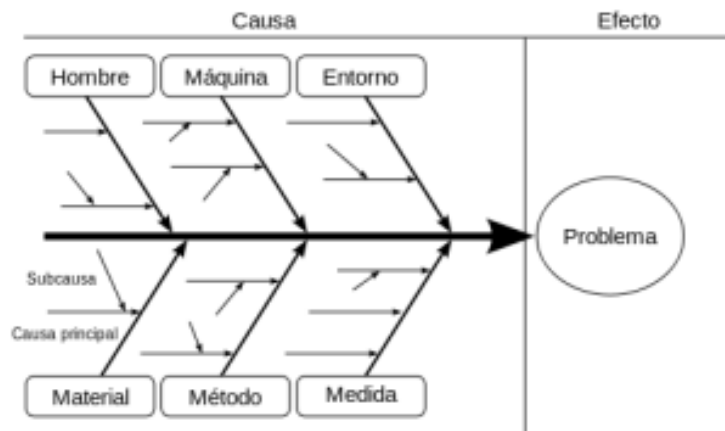


Figura 9. Diagrama de Ishikawa

2. **Hoja de Verificación:** también llamada hoja de control o de chequeo, es un impreso con formato de tabla o diagrama, destinado a registrar y compilar datos mediante un método sencillo y sistemático, como la anotación de marcas asociadas a la ocurrencia de determinados sucesos. Esta técnica de recogida de datos se prepara de manera que su uso sea fácil e interfiera lo menos posible con la actividad de quien realiza el registro. Véase figura 10.

HOJA DE VERIFICACIÓN		Nº _____
NOMBRE DEL SERVICIO: _____	FECHA: _____	
AREA: _____	DELEGACIÓN: _____	
ESPECIFICACIÓN: _____	UNIDAD DE ADSCRIPCIÓN: _____	
Nº DE INSPECCIONES: _____	NOMBRE DEL EMPLEADO: _____	
OBSERVACIONES: _____	NOMBRE DEL GRUPO: _____	

DIMENSIONES	
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	

FRECUENCIA O TOTAL	
1	2
6	13
10	16
19	17
12	16
20	17
13	8
5	6
2	

Figura 10. Hoja de verificación

3. **Gráfico de Control:** es una representación gráfica de los distintos valores que toma una característica correspondiente a un proceso. Permite observar la evolución de este proceso en el tiempo y compararlo con unos límites de variación fijados de antemano que se usan como base para la toma de decisiones (ver figura 11).

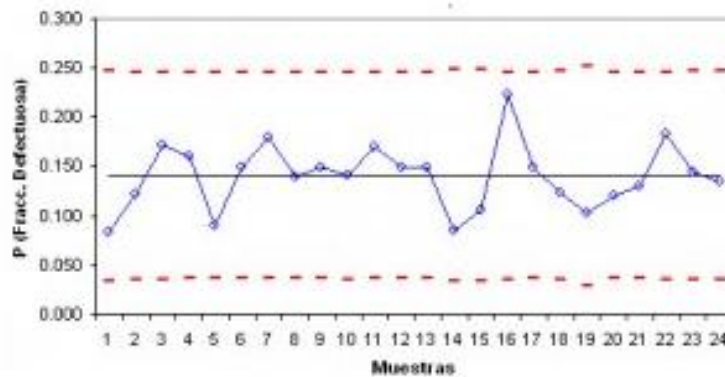


Figura 11. Gráfico de control

4. **Histograma:** es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias, y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la



mitad del intervalo en el que están agrupados los datos. Los histogramas son más frecuentes en ciencias sociales, humanas y económicas que en ciencias naturales y exactas. Y permite la comparación de los resultados de un proceso como se aprecia en la figura 12.

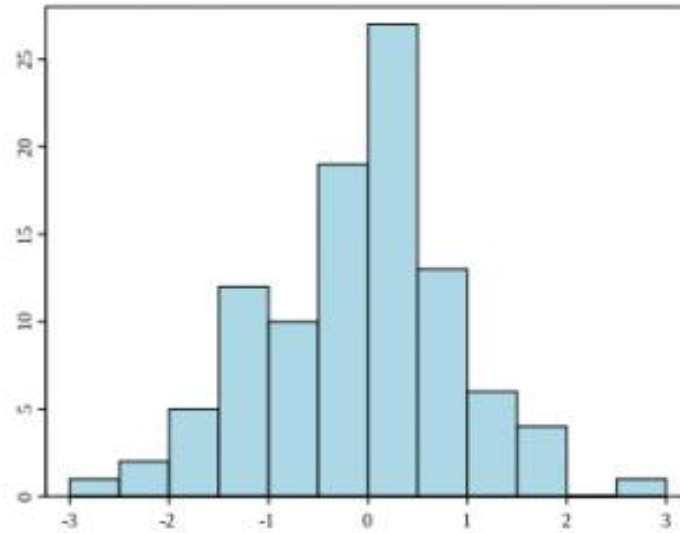


Figura 12. Histograma

5. **Diagrama de Pareto:** también llamado curva 80-20 o distribución C-A-B, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite asignar un orden de prioridades. El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los “pocos vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha. Véase figura 13.

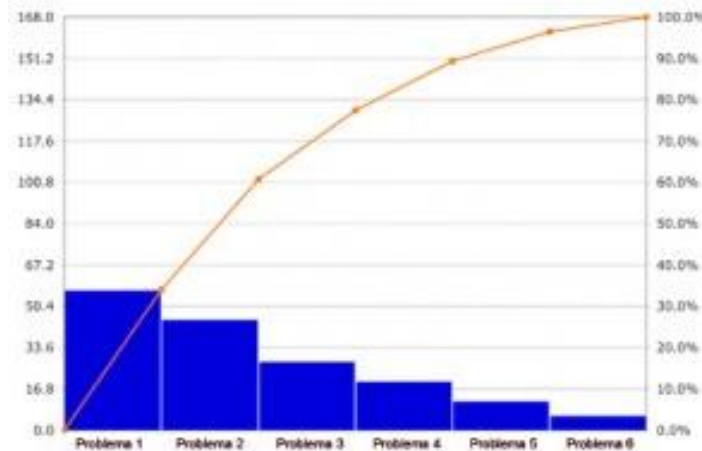


Figura 13. Diagrama de Pareto

**6. Diagrama de Dispersión:** también llamado gráfico de dispersión, es un tipo de diagrama matemático que utiliza las coordenadas cartesianas para mostrar los valores de dos variables para un conjunto de datos. Los datos se muestran como un conjunto de puntos, cada uno con el valor de una variable que determina la posición en el eje horizontal y el valor de la otra variable determinado por la posición en el eje vertical (ver figura 14).

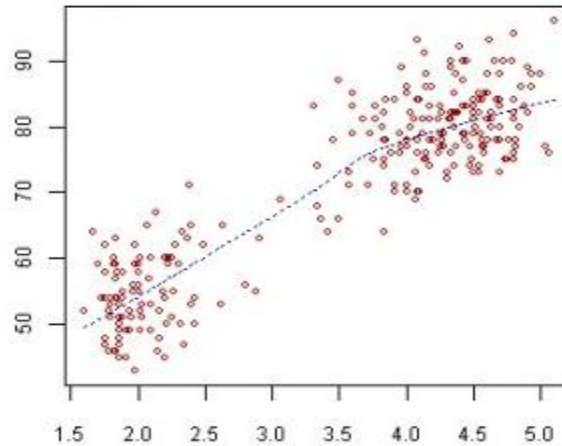


Figura 14. Diagrama de dispersión

**7. Muestreo Estratificado:** también conocida como estratificación, es una herramienta estadística que clasifica los elementos de una población que tiene afinidad para así analizarlos y determinar causas comunes de su comportamiento. La estratificación contribuye a identificar las causas que hacen mayor parte de la variabilidad, de esta forma se puede obtener una comprensión detallada de la estructura de una población de datos, examinando así la diferencia en los valores promedio y la variación en los diferentes estratos como se aprecia en la figura 15 [7].

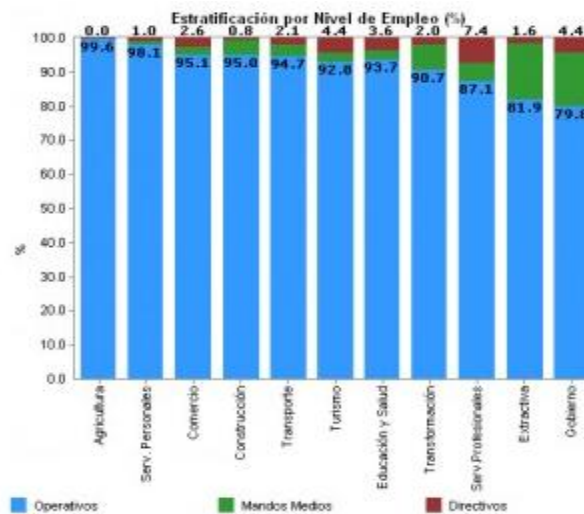


Figura 15. Muestreo estratificado

### 3.3 Mejora continua

La mejora continua de la capacidad y resultados, debe ser el objetivo permanente de la organización. Para ello se utiliza un ciclo PDCA, el cual se basa en el principio de mejora continua de la gestión de la calidad. Ésta es una de las bases que inspiran la filosofía de la gestión excelente.

**"Mejora mañana lo que puedas mejorar hoy, pero mejora todos los días"**

La base del modelo de mejora continua es la autoevaluación. En ella detectamos puntos fuertes, que hay que tratar de mantener y áreas de mejora, cuyo objetivo deberá ser un proyecto de mejora.

El ciclo PDCA de mejora continua se basa en los siguientes apartados:

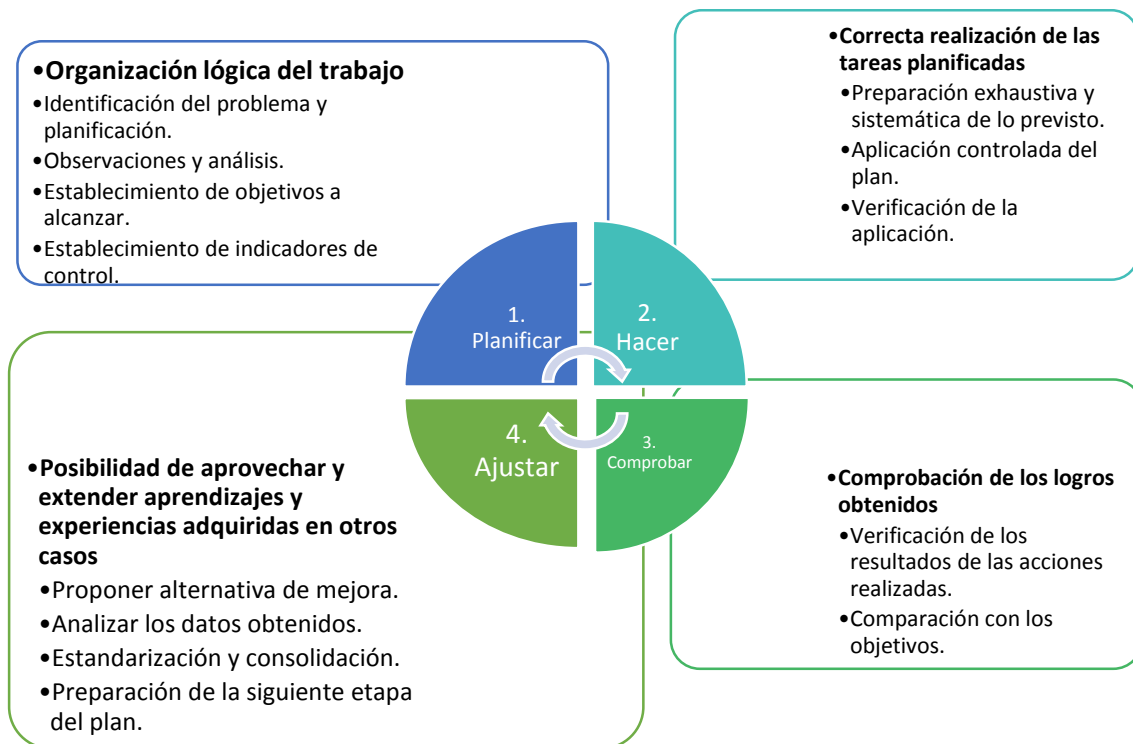


Figura 16. Ciclo PDCA

La excelencia ha de alcanzarse mediante un proceso de mejora continua. Mejora, en todos los campos, de las capacidades del personal, eficiencia de los recursos, de las relaciones con el público, entre los miembros de la organización, con la sociedad y cuanto se le ocurra a la organización, que pueda mejorarse en dicha organización, y que se traduzca en una mejora de la calidad del producto o servicio que prestamos.

Alcanzar los mejores resultados, **no es labor de un día**. Es un proceso progresivo en el que no puede haber retrocesos. Han de cumplirse los objetivos de la organización, y prepararse para los próximos retos.

Lo deseable es mejorar un poco día a día, y **tomarlo como hábito**, y no dejar las cosas tal como están, teniendo altibajos. Lo peor es un rendimiento irregular. Con estas últimas situaciones, no se pueden predecir los resultados de la organización, porque los datos e información, no son fiables ni homogéneos. Cuando se detecta un problema, la respuesta y solución, ha de ser inmediata. No nos podemos demorar, pues podría originar consecuencias desastrosas.

La mejora continua implica tanto la implantación de un Sistema como el aprendizaje continuo de la organización, el seguimiento de una filosofía de gestión, y la participación activa de todo las personas.

Dentro de la mejora continua se encuentran herramientas de Lean Manufacturing que nos ayudan a establecer los cambios y mejoras.

### Lean Manufacturing

Son muchos los nombres por medio de los cuales se le conoce a esta metodología: Just in time, manufactura esbelta, manufactura ágil, manufactura de clase mundial, sistema de producción Toyota y otros más. Los resultados obtenidos a través de sus prácticas la convierten en una de las filosofías de producción más exitosas y revolucionarias de la historia.

**Lean Manufacturing** es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, pero si implican costo y esfuerzo. La principal filosofía en la que se sustenta el Lean Manufacturing radica en la premisa de que "todo puede hacerse mejor"; de tal manera que en una organización debe existir una búsqueda continua de oportunidades de mejora.

Como resultado, una organización que aplique Lean Manufacturing debería ajustar su producción a la demanda, en el momento y las cantidades en que sea solicitada, y con un costo mínimo. Según entonces, Lean Manufacturing puede definirse como una filosofía de producción que agrupa un conjunto de técnicas que nos facilitan el diseño de un sistema para producir y suministrar en función de la demanda, con el mínimo costo, una calidad competitiva y alta flexibilidad; de tal forma que Lean Manufacturing permitirá que la organización:

- Minimice sus inventarios
- Minimice sus retrasos
- Minimice su espacio de trabajo

- Minimice sus costos totales
- Minimice su consumo energético
- Mejore su calidad

En términos generales, contribuye a que la organización sea más competitiva, innovadora y eficiente.

La búsqueda continua de oportunidades de mejora debe formar parte de una estrategia organizacional, y como tal, la filosofía Lean Manufacturing contempla herramientas que pueden aplicarse tanto a procesos específicos en forma de técnicas sencillas, como al modelo estratégico mediante un sistema de administración ajustado.

### 3.3.1 Kaizen

El término Kaizen es de origen japonés, y significa "**cambio para mejorar**", lo cual con el tiempo se ha aceptado como "**Proceso de Mejora Continua**". La traducción literal del término es:

KAI: Modificaciones

ZEN: Para mejorar

El principio en el que se sustenta el método Kaizen, consiste en integrar de forma activa a todos los trabajadores de una organización en sus continuos procesos de mejora, a través de pequeños aportes.

La implementación de pequeñas mejoras, por más simples que estas parezcan, tienen el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones, y lo que es más importante, crean una cultura organizacional que garantiza la continuidad de los aportes, y la participación activa del personal en una búsqueda constante de soluciones adicionales.

Pueden identificarse a grandes rasgos dos alternativas para lograr una mejora de las operaciones de una organización, estas son la innovación, y la mejora continua.

#### Innovación:

- Alta inversión
- Alto impacto
- Alta tecnología
- Media / Baja participación del personal
- Alto riesgo de perder el nivel de mejora (Depreciable)

#### Proceso de mejora continúa

- Optimización del recurso existente (Baja inversión)
- Velocidad en implementación de cambios

- Alta participación del personal (En todas las fases de la mejora)
- Pequeños pasos
- Acercamiento continuo al objetivo trazado (No depreciable)

Combinar ambas alternativas de mejora puede traer consigo resultados sorprendentes para la organización, en la siguiente gráfica representamos la diferencia entre un proceso de innovación (la cual se deprecia), y un proceso combinatorio de mejora a través de innovación y Kaizen [8].

### 3.3.2 Kanban

El nombre **Kanban se refiere a las etiquetas que se ponen a las piezas y productos para identificarlas durante los diferentes procesos de fabricación** y transporte en las empresas, no obstante la filosofía Kanban abarca un terreno mucho más amplio que explicaremos ahora.

La metodología Kanban está enfocada a crear un sistema de producción más efectivo y eficiente, enfocándose principalmente en los campos de la producción y la logística.

Los sistemas Kanban consisten en un conjunto de formas de comunicarse e intercambiar información entre los diferentes operarios de una línea de producción, de una empresa, o entre proveedor y cliente. Su propósito es simplificar la comunicación, agilizándola y evitando errores producidos por falta de información.

Los “Kanban” también pueden ser ordenes de trabajo, es decir, incluir información acerca de qué operaciones se deben hacer y con cada producto, en qué cantidad, mediante qué medios y como transportarlo.

En la actualidad, **en la mayoría de empresas se han automatizado los métodos Kanban**, de forma que, por ejemplo, se pueden colocar etiquetas con códigos de barras o QR que, de forma informatizada, al pasar los productos por cada punto de control, el sistema los localiza automáticamente y da las órdenes necesarias para que cada ítem llegue a su destino.

#### Tipos de Kanban

- Etiquetas de transporte con información de lo que contiene cada paquete y su destino.
- Etiquetas de fabricación con información de las características del producto a fabricar.
- Etiquetas con cualquier otro tipo de información relevante para la realización de las actividades.

Estas etiquetas pueden estar en formato tradicional (escritas a mano o a máquina), o bien incluir la información codificada en códigos

numéricos, o en formato de código de barras / código QR para ser leídas por un lector conectado a un ordenador. Véase figura 17.



Figura 17. Etiqueta Kanban

### Ventajas en los procesos productivos

- 1.- Aumenta la flexibilidad de los procesos de producción y transporte.
- 2.- Si se usa un sistema informatizado, permite conocer la situación de todos los ítems en cada momento y dar instrucciones basadas en las condiciones actuales de cada área de trabajo.
- 3.- Prevenir el trabajo innecesario y prevenir el exceso de papeleo innecesario.

Ventajas en las operaciones logísticas:

- 1.- Mejor control del stock de material.
- 2.- Posibilidad de priorizar la producción: el tipo de producto con más importancia o urgencia se pone primero que los demás.
- 3.- Se facilita el control de material [9].



Figura 18. Proceso Kanban

### 3.3.3 Just in Time

La filosofía JIT se traduce en un sistema que tiende a producir justo lo que se requiere, cuando se necesita, con excelente calidad y sin desperdiciar recursos del sistema.

El JIT es una metodología de organización de la producción que tiene implicaciones en todo el sistema productivo. Además de proporcionar métodos para la planificación y el control de la producción, incide en muchos otros aspectos de los sistemas de fabricación, como son, entre otros, el diseño de producto, los recursos humanos, el sistema de mantenimiento o la calidad.

Una definición para describir el objetivo de partida de un sistema JIT podría ser: «Producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan» [10].

Así, el objetivo de partida de los sistemas JIT, se traduce en la eliminación del despilfarro; es decir, en la búsqueda de problemas y en el análisis de soluciones para la supresión de actividades innecesarias y sus consecuencias, como son:

- Sobreproducción (fabricar más productos de los requeridos).
- Operaciones innecesarias (que se tratan de eliminar mediante nuevos diseños de productos o procesos).
- Desplazamientos (de personal y de material)
- Inventarios, averías, tiempos de espera, etcétera.

El concepto de eliminación del despilfarro conlleva dos aspectos fundamentales de la filosofía JIT:

- El enfoque proactivo, que consiste en la búsqueda de problemas antes de que sus consecuencias se manifiesten espontáneamente. Dicho enfoque se refuerza mediante las iniciativas de mejora continua en todas las áreas del sistema productivo.
- La desagregación del objetivo general de la filosofía JIT en objetivos que afectan a todos los aspectos de la producción, y que dan lugar a diversas formas de actuación recogidas en las técnicas de producción JIT.

### Metodología

#### ☞ Líneas de modelos mezclados

Según esta configuración, la fabricación de distintos artículos se realiza en una sola línea, en vez de utilizar varias líneas especializadas. De esta forma, cualquier puesto de trabajo de una línea debe estar preparado para trabajar, consecutivamente, con unidades de diferentes artículos.



### ☞ Líneas de fabricación en forma de U: fabricación celular

En su intento de simplificar la fábrica, el enfoque JIT propone organizarla de modo que se simplifiquen los flujos de material.

Para poder aumentar la flexibilidad mediante distintas asignaciones de trabajadores, la disposición que se ha mostrado más adecuada es distribuir los equipos de las líneas secundarias en forma de U, donde el comienzo y el final de la línea están juntos. Ver figura 19.

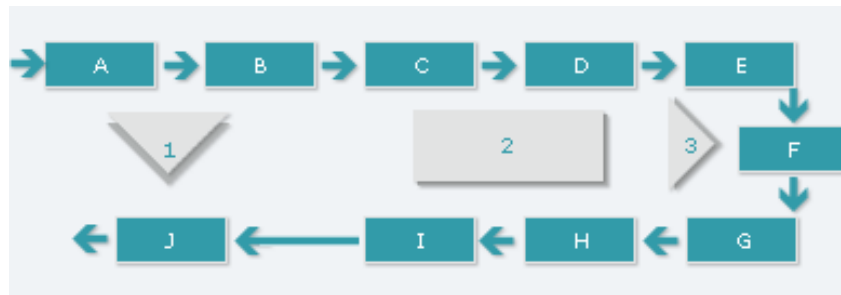


Figura 19. Descripción de línea secundaria en forma de U.

### ☞ Nivelado de la producción

El método que se utiliza en los sistemas JIT para adaptar la producción a la demanda se denomina nivelado de la producción, y su objetivo es reducir las fluctuaciones de las cantidades a fabricar de cada familia o producto.

El nivelado de la producción consiste en determinar el volumen diario de producción, de forma que se mantenga aproximadamente constante.

### ☞ Sistemas de información PULL

Los sistemas tradicionales de producción se caracterizan por la utilización de sistemas de producción tipo push (o de empuje). Esta forma de producción genera, a partir de pedidos en firme y previsiones, las órdenes de aprovisionamiento y producción, que se controlan mediante un sistema de información centralizado. Así, la finalización de dichas órdenes desencadena el lanzamiento de los correspondientes procesos posteriores. Véase figura 20.



Figura 20. Esquema de sistema de producción push.

Como contraposición a estos sistemas de información, en los sistemas JIT se utilizan sistemas de información pull (o de arrastre). En un sistema pull el consumo de material necesario para un proceso desencadena la reposición por el proceso precedente, con lo que únicamente se reemplaza el material consumido por el proceso posterior. En los sistemas de producción JIT este sistema de señales más difundido es el de las tarjetas Kanban [11] (Ver figura 21).

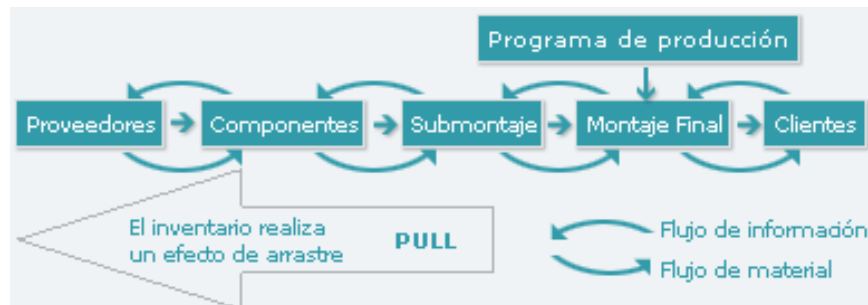
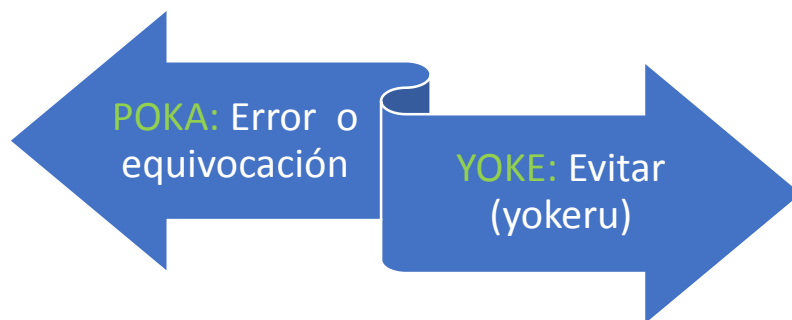


Figura 21. Esquema de sistema de producción pull.

### 3.3.4 Poka Yoke

Poka-yoke es un término japonés que viene a significar:



Un dispositivo poka-yoke ayuda a evitar equivocaciones (prevenir errores). Podríamos decir que la traducción más fiel de Poka-Yoke sería **"a prueba de errores"**.

Originalmente Shigeo Shingo (uno de los creadores del TPS) lo bautizó como baka-yoke, que vendría a ser "a prueba de tontos", pero cambió el nombre a poka-yoke para evitar susceptibilidades. En cualquier caso, esto nos aporta un dato más: un poka-yoke es un dispositivo "a prueba de errores" que impide la generación de defectos o hace **muy fácil** su detección. Existen tres reglas básicas demostradas en la figura 22.

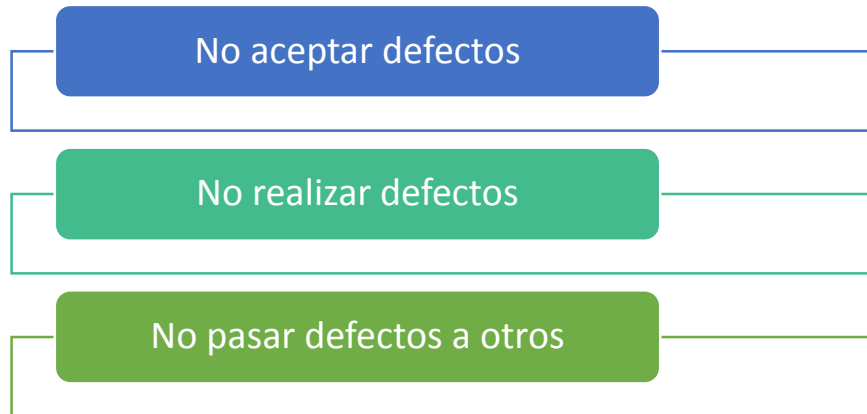


Figura 22. Reglas básicas del Poka Yoke

Este era el objetivo de Shigeo Shingo, crear sistemas simples de asegurar la calidad en el origen, evitando posibles causas de error tales como:

- intercambios
- olvidos
- sustituciones
- interpretaciones erróneas
- etc.

#### Tipos de errores que Poka Yoke nos puede ayudar a eliminar:

- Errores en manufactura
- Errores de proceso
- No realización de un paso del proceso
- Falta de partes o piezas
- Falta de información
- Partes o piezas erróneas o dañadas

#### Niveles de Poka-Yoke.

**Nivel alto:** Detectar errores en la fuente antes de ser realizados

**Nivel medio:** Detectar errores en el momento de su realización, en este caso la corrección se puede realizar y su impacto no es alto.

**Nivel bajo:** Detectar el error después de su realización, en este caso se puede corregir antes de ser un problema con riesgo alto.

## Beneficios de Poka-Yoke

- Prevenir errores y pérdidas en el proceso realizadas por el personal.
- Mejorar el proceso para lograr realizarlo bien desde la primera vez
- Reducir la variación en procesos de producción

## Metodología para realizar un Poka-Yoke

Esta metodología la se puede realizar cuidando tengamos un problema pero siempre sugiero hacerla en modo preventivo, esto quiere decir buscar problemas en procesos que tú piensas que puede haber mayor riesgo.

- Buscar un equipo de trabajo con buena actitud para mejorar.
- Identificar el problema. Debemos saber si el problema fue descubierto por el personal o el defecto se realizó.
- Realizar la secuencia de eventos
- Realizar gemba, observar las condiciones en manufactura. Ver artículo de gemba aquí.
- Revisar el proceso vs el estándar (revisa procedimiento actuales)
- Hacer lluvia de ideas tomando en cuenta las condiciones vistas en gemba (herramientas, entrenamiento, condición de máquina)
- Implementar la mejor idea de poka-yoke que el equipo sugiere.
- Monitorear y estandarizar [12].

Un ejemplo cotidiano de poka-yoke es el de las tarjetas de memoria: tarjetas telefónicas, SD, etc. En este tipo de tarjetas se ha estandarizado una geometría concreta que es aprovechada por los espacios donde debe ser insertada, de modo que no sea posible colocarla incorrectamente (ver figura 23).



Figura 23. Memorias SD y chips telefónicos

Otros ejemplos claros son el diseño de las entradas USB y conexiones para PC y eléctricas como se muestra en la siguiente figura 24.



Figura 24. Ejemplos de Poka Yoke

### 3.3.5 Mantenimiento Total Productivo (TMP)

TPM se fundamenta en la búsqueda permanente de la mejora de la eficiencia de los procesos y los medios de producción, por una implicación concreta y diaria de todas las personas que participan en el proceso productivo. Cero defectos, cero accidentes, cero paradas.

#### 3.3.5.1 Objetivos del TPM

- Crear una organización corporativa que maximice la eficiencia de los sistemas de producción.
- Gestionar la planta con el objetivo de evitar todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción.
- Involucrar a todos los departamentos de la empresa en la implantación y desarrollo.
- Involucrar a todas las personas, desde la alta dirección a los operarios de planta, en un mismo proyecto.
- Orientar decididamente las acciones hacia las cero pérdidas, cero accidentes y cero defectos, apoyándose en las actividades de pequeños grupos de mejora

#### 3.3.5.2 Las bases del TPM

**Técnica de las 5's**, para la mejora de la organización, orden y limpieza de las áreas de trabajo. Es el cimiento en el que después se sustentan los pilares.

**Implantación del indicador OEE**, que permitirá conocer la eficiencia con que trabajan máquinas y procesos, y ante todo nos permitirá conocer y cuantificar las pérdidas.

### 3.3.5.3 Los 8 pilares del TPM

**Mejoras enfocadas.** Grupos de trabajo interdisciplinarios formados en técnicas para la mejora continua y la resolución de problemas. Estos grupos enfocarán su trabajo a la eliminación de las pérdidas y la mejora de la eficiencia.

**Mantenimiento planificado,** actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo orientadas a la prevención y eliminación de averías.

**Mantenimiento autónomo,** basado en operaciones de inspección y pequeñas actuaciones sencillas, realizadas por los operarios de las máquinas.

**Mantenimiento de calidad,** basado en actuaciones preventivas sobre las piezas de las máquinas que tienen una alta influencia en la calidad del producto.

**Prevención del mantenimiento,** basado en la gestión temprana de las condiciones que deben reunir los equipos o las instalaciones, para facilitar su mantenibilidad en su etapa de uso.

**Mantenimiento áreas soporte,** buscando el apoyo necesario para que las actividades de TPM, aseguren la eficiencia y la implicación global.

**Mejora de la polivalencia y habilidades de operación,** formación continua del personal de producción y mantenimiento para mejorar sus habilidades y aumentar su polivalencia y especialización.

**Seguridad y entorno,** la seguridad y prevención de efectos adversos sobre el entorno son temas importantes en las industrias responsables. La seguridad se promueve sistemáticamente en las actividades de TPM [13].

A continuación se presenta el diagrama TPM en la figura 25.



Figura 25. Diagrama TPM

### 3.3.6 Las 5's

La metodología de las 5S se creó en Toyota, en los años 60, y agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo.

La metodología de las 5S es de origen japonés, y se denomina de tal manera ya que la primera letra del nombre de cada una de sus etapas es la letra ese (s).

#### 3.3.6.1 Objetivos

- Mejorar y mantener las condiciones de organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo.
- A través de un entorno de trabajo ordenado y limpio, se crean condiciones de seguridad, de motivación y de eficiencia.
- Eliminar los **despilfarros** o desperdicios de la organización.
- Mejorar la calidad de la organización.



Los principios de la metodología son 5:

1. Clasificación u Organización: Seiri
2. Orden: Seiton
3. Limpieza: Seiso
4. Estandarización: Seiketsu
5. Disciplina: Shitsuke

#### 1. Clasificar consiste en:

- Identificar la naturaleza de cada elemento: Separe lo que realmente sirve de lo que no; identifique lo necesario de lo innecesario, sean herramientas, equipos, útiles o información.

La herramienta más utilizada para la clasificación es la hoja de verificación, en la cual podemos plantearnos la naturaleza de cada elemento, y si este es necesario o no [14].

Una vez se cumpla con este principio se obtendrán los siguientes beneficios:

- Se obtiene un espacio adicional
- Se elimina el exceso de herramientas y objetos obsoletos

- Se disminuyen movimientos innecesarios
- Se elimina el exceso de tiempo en los inventarios
- Se eliminan despilfarros (ver figura 26).

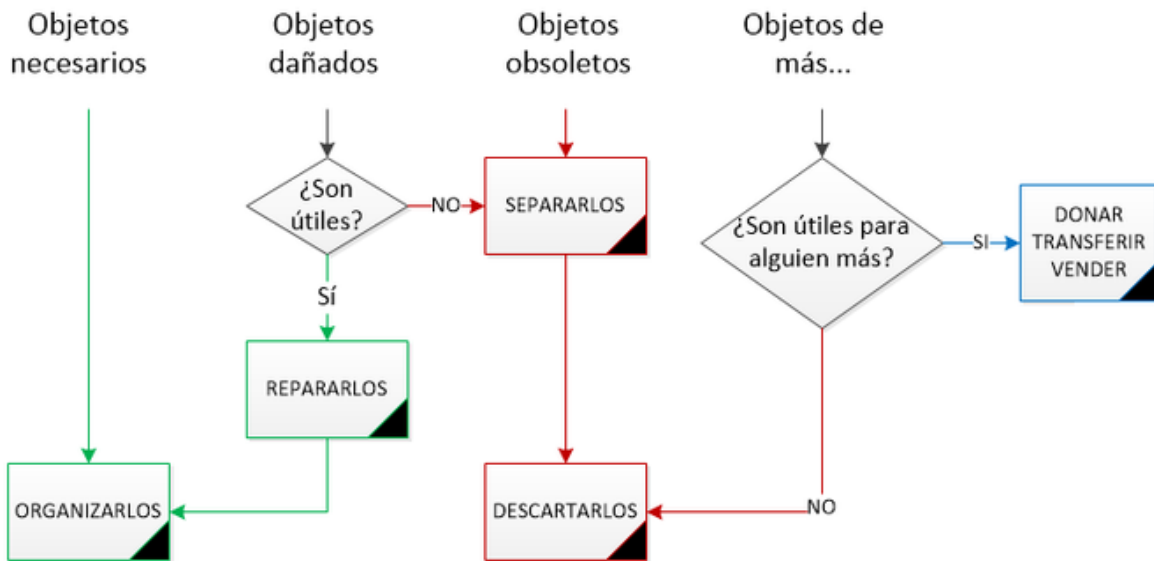


Figura 26. Metodología para clasificar

## 2. Ordenar consiste en:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario.
- Disponer de sitios debidamente identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Utilizar la identificación visual, de tal manera que le permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición.
- Identificar el grado de utilidad de cada elemento, para realizar una disposición que disminuya los movimientos innecesarios.
- Determine la cantidad exacta que debe haber de cada artículo.
- Cree los medios convenientes para que cada artículo retorne a su lugar de disposición una vez sea utilizado.

Las herramientas a utilizar son:

- Códigos de color
- Señalización
- Hojas de verificación





Las ventajas de ordenar son:

- Se reducen los tiempos de búsqueda
- Se reducen los tiempos de cambio
- Se eliminan condiciones inseguras
- Se ocupa menos espacio
- Se evitan interrupciones en el proceso

### 3. Limpiar consiste en:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo y rutinario
- Eliminar la diferencia entre operario de proceso y operario de limpieza
- Eliminar las fuentes de contaminación, no solo la suciedad

Las herramientas a utilizar son:

- Hoja de verificación de inspección y limpieza
- Tarjetas para identificar y corregir fuentes de suciedad

Las ventajas de limpiar son:

- Mantener un lugar de trabajo limpio aumenta la motivación de los colaboradores
- La limpieza aumenta el conocimiento sobre el equipo
- Incrementa la vida útil de las herramientas y los equipos
- Incrementa la calidad de los procesos
- Mejora la percepción que tiene el cliente acerca de los procesos y el producto.



### 4. Estandarizar consiste en:

- Mantener el grado de organización, orden y limpieza alcanzado con las tres primeras fases; a través de señalización, manuales, procedimientos y normas de apoyo.
- Instruir a los colaboradores en el diseño de normas de apoyo.
- Utilizar evidencia visual acerca de cómo se deben mantener las áreas, los equipos y las herramientas.
- Utilizar moldes o plantillas para conservar el orden.

Las herramientas a utilizar son:

- Tableros de estándares
- Muestras patrón o plantillas, instrucciones y procedimientos.

En la figura 27 se muestra un ejemplo del antes y en la figura 28 del después.



Figura 27. Antes de estandarizar



Figura 28. Después de estandarizar

#### 5. La disciplina consiste en:

- Establecer una cultura de respeto por los estándares establecidos, y por los logros alcanzados en materia de organización, orden y limpieza

- Promover el hábito del autocontrol acerca de los principios restantes de la metodología
- Promover la filosofía de que todo puede hacerse mejor
- Aprender haciendo
- Enseñar con el ejemplo
- Haga visibles los resultados de la metodología 5S

Herramientas a utilizar:

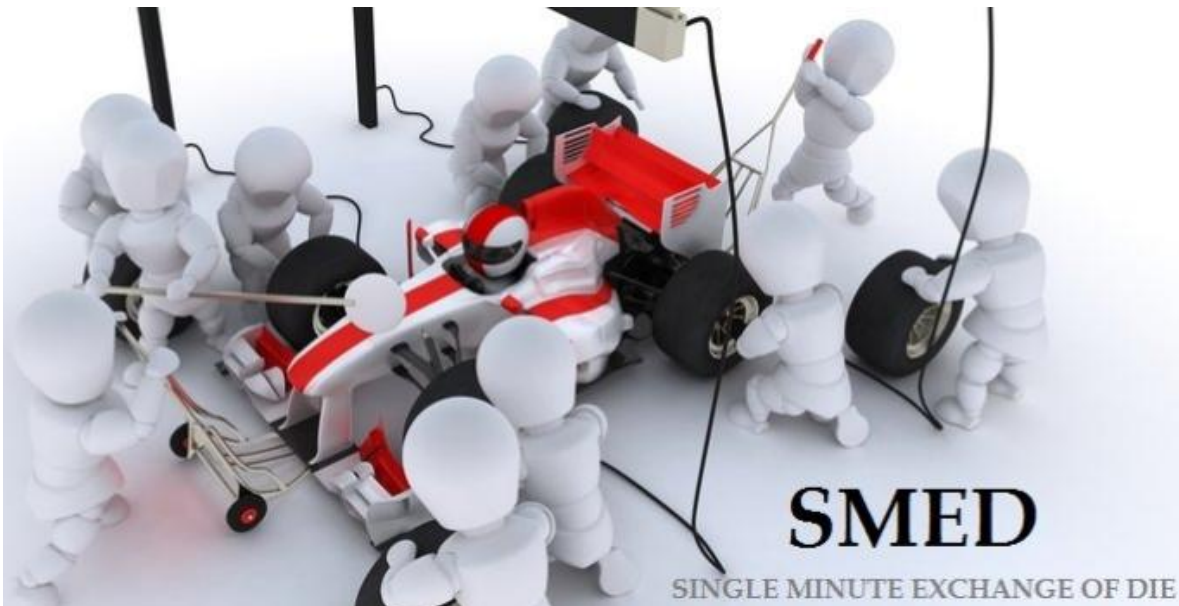
- Hoja de verificación 5S
- Ronda de las 5S

Ventajas de la disciplina:

- Se crea el hábito de la organización, el orden y la limpieza a través de la formación continua y la ejecución disciplinada de las normas.



### 3.3.7 SMED



Herramienta de la Mejora continua que de forma metodológica busca reducir el tiempo de cambio de referencia en máquinas de entornos productivos.

SMED es el acrónimo en lengua inglesa de Single Minute Exchange of Die, que en español significa “**cambio de matriz en menos de 10 minutos**”.

El SMED nació de la necesidad de reducir el tamaño de los lotes que pasaban por las prensas de estampación, optimizando para ello el tiempo de cambio empleado en pasar de una matriz a otra.

Hoy en día el SMED se aplica a las preparaciones de toda clase de máquinas.

Para hablar sobre el SMED conviene tener claros una serie de conceptos:

- **Tiempo de cambio:** es el tiempo desde que se fabrica la última pieza del producto saliente hasta la primera pieza OK del producto entrante. Por tanto, durante el tiempo de cambio la máquina está parada.
- **Preparación:** operaciones necesarias para el cambio de referencia. Toda preparación es desperdicio (MUDA), ya que no aporta valor para el cliente.
- **Preparación interna:** operaciones de la preparación que sólo pueden realizarse con máquina parada.
- **Preparación externa:** operaciones de la preparación que pueden realizarse con la máquina en marcha.

El SMED sirve para **reducir el tiempo de cambio y para aumentar la fiabilidad del proceso de cambio**, lo que reduce el riesgo de defectos y averías.

La reducción del tiempo de cambio de referencia puede aprovecharse de dos maneras:

1. Para incrementar el OEE y la Productividad. Manteniendo tanto la frecuencia de cambio de las referencias como el tamaño de los lotes.
2. Para reducir el stock en proceso. Incrementando la frecuencia de cambio de las referencias y reduciéndose el tamaño de los lotes.

Desde el punto de vista del Lean Manufacturing siempre interesará reducir los niveles de stock. El incremento del OEE y Productividad quedará vinculado a lo justa que vaya nuestra capacidad para satisfacer la demanda del cliente.

En 1969 el padre del SMED, el Dr. Shigeo Shingo, definió sus fundamentos al conseguir reducir el tiempo de cambio de una prensa de 1000 toneladas de 4 horas a 3 minutos, de ahí surgió lo de “menos de 10 minutos”.

Aunque en la definición de SMED se hable de reducir los tiempos de preparación en menos de 10 minutos, esto no siempre será posible.

La realización del SMED sigue 7 pasos:

1. Preparación Previa

2. Analizar la actividad sobre la que se va a centrar el taller SMED.
3. Separar lo interno de lo externo.
4. Organizar actividades externas.
5. Convertir lo interno en externo.
6. Reducir los tiempos de actividades internas.
7. Realizar el seguimiento.

Veamos las con más detalle:

### 1) Preparación Previa:

Esta etapa consta de dos partes:

#### Investigar:

- Conocer el producto, la operación, la máquina, la distribución en planta (layout), las instrucciones de la preparación existentes.
- Obtener datos históricos de los tiempos de preparación (estos datos serán sólo útiles si la situación en la que se tomaron es comparable a la de partida).
- Observar la preparación in situ.

#### Crear un equipo:

Se trata de constituir un equipo, darle la formación necesaria sobre los fundamentos del SMED y darle a su vez los medios necesarios para poder realizarlo. Sobre el **equipo** deberá estar constituido por:

- Persona/s con experiencia en la preparación.
- Persona/s con capacidad para hacer modificaciones técnicas
- Persona/s con capacidad para hacer modificaciones organizativas.

#### Sobre los **medios**:

- Videocámara con baterías y tarjetas de memoria suficientes.
- Plano de la distribución en planta con un tamaño que permita ser manejado.
- Papel y lápiz.
- Calculadora.
- Un lugar de reunión para analizar en equipo todos los datos y que permita poder visualizar las grabaciones.

## 2) Analizar la actividad sobre la que va a centrar el taller SMED:

Se trata de filmar en detalle todas y cada una de las actividades que se realizan durante el proceso de cambio de referencia. En el caso de que intervengan en él varias personas todas deberán ser grabadas.

El inicio de la grabación se dará tras el fin de fabricación de la última pieza de la referencia saliente y el final de grabación se dará con el inicio de fabricación de la primera pieza OK de la referencia entrante.

Si la máquina no extrae una pieza OK se considera que seguimos dentro de la preparación y en estos casos, la comprobación de la calidad de la primera pieza fabricada puede ser considerada como la última operación de la preparación.

Una vez realizadas las grabaciones y ya en una sala, el equipo del taller SMED usará las grabaciones para detallar todas las actividades de las que consta el proceso de cambio de referencia, indicando a su vez su duración. De esta forma se obtiene el tiempo de ciclo estándar del proceso.

## 3) Separar lo interno de lo externo

En esta fase todos los miembros del equipo van repasando todas y cada una de las anteriores actividades para identificar aquellas que pueden ser externas. En este punto conviene recordar lo indicado al inicio de este post. Una actividad externa es aquella que se puede realizar con la máquina en marcha y por tanto su tiempo de ejecución no afecta al tiempo de ciclo total del proceso. De ahí la importancia de convertir cuantas más actividades se puedan del proceso de cambio de referencia en externas. Véase figura 29.

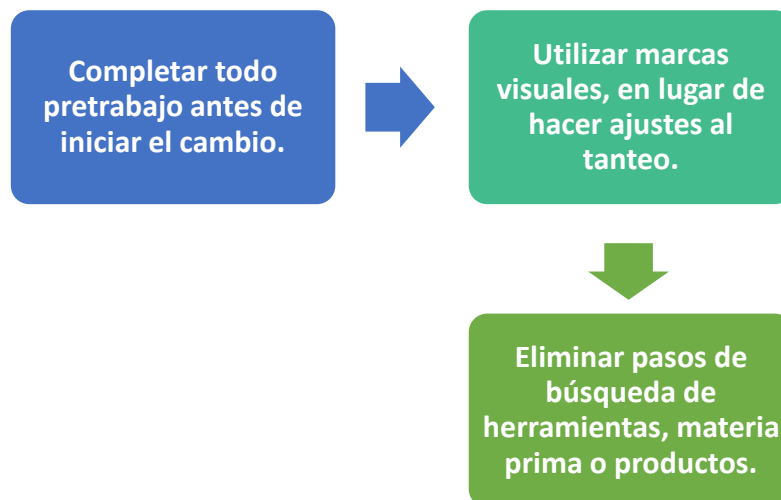


Figura 29. SMED

#### 4) Organizar las actividades externas

Como las actividades externas se pueden hacer con la máquina parada, en esta etapa el equipo debe de hacer un ejercicio de planificación con el objeto de que todas las actividades externas estén preparadas en el momento vaya a comenzar el proceso de cambio de referencia. El resultado de esta etapa suele ser una CHECK-LIST a realizar en la zona donde se está haciendo el taller SMED. Algunas de las consideraciones que suele recoger esta lista:

¿Qué preparaciones necesitan ser hechas de antemano?; ¿qué herramientas y piezas necesitan estar a mano de los operarios que hacen el cambio?; ¿dónde deben colocarse las herramientas y piezas?; ¿están las herramientas y piezas en buenas condiciones?; ¿dónde deben colocarse el elemento (útil, matriz, etc.) después de desmontarse?; ¿Cómo serán transportadas las herramientas y piezas?, etc.

#### 5) Convertir lo interno en externo

Para cada una de las actividades que se han decidido convertir en externas el equipo debe definir el PLAN DE ACCIÓN a seguir para lograr esa conversión. De esta forma para cada actividad se debe indicar que se va hacer, quien lo va hacer y cuando debe tenerlo terminado.

#### 6) Reducir los tiempos de las actividades internas

En esta fase el equipo debe de plantear ideas de mejora para reducir los tiempos de ejecución de las actividades internas. Una vez que se ha definido una idea de mejora y esta ha sido aceptada por todos, el equipo debe definir el PLAN DE ACCIÓN a seguir para implementar esa idea de mejora. De nuevo: que se va hacer, quien lo va hacer y cuando debe tenerlo terminado.

#### 7) Realizar el Seguimiento

Una vez terminado el taller SMED por primera vez es vital realizar el seguimiento para ver si el nuevo estándar definido sufre desviaciones y en caso de que así sea, poder tomar acciones correctoras. De esta forma el seguimiento que se suele hacer se apoya en 2 soportes:

- Registrar todas las incidencias que se han dado durante la semana. Sobre la Check-list se puede hacer.
- Registrar todos los tiempos de cambio que se dan durante la semana para luego, en una gráfica, representar los valores máximo, mínimo y medio de cada semana. La evolución de los datos desvela las desviaciones.

## Unidad 4. Control estadístico del proceso (CEP).

Un sistema de control del proceso puede definirse como un sistema de realimentación de la información en el que hay 4 elementos fundamentales:

### Proceso

Por proceso entendemos la combinación global de personas, equipo, materiales utilizados, métodos y medio ambiente, que colaboran en la producción. El comportamiento real del proceso -la calidad de la producción y su eficacia productiva- dependen de la forma en que se diseñó y construyó, y de la forma en que es administrado. El sistema de control del proceso sólo es útil si contribuye a mejorar dicho comportamiento.

### Información Sobre el Comportamiento

El proceso de producción incluye no solo los productos producidos, sino también los “estados” intermedios que definen el estado operativo del proceso tales como temperaturas, duración de los ciclos, etc. Si esta información se recopila e interpreta correctamente, podrá indicar si son necesarias medidas para corregir el proceso o la producción que se acaba de obtener. No obstante, si no se toman las medidas adecuadas y oportunas, todo el trabajo de recogida de información será un trabajo perdido.

### Actuación Sobre el Proceso

Las actuaciones sobre el proceso están orientadas al futuro, ya que se toman en caso necesario para impedir que éste se deteriore. Estas medidas pueden consistir en la modificación de las operaciones (por ejemplo, instrucciones de operarios, cambios en los materiales de entrada, etc.) o en los elementos básicos del proceso mismo (por ejemplo, el equipo -que puede necesitar mantenimiento, o el diseño del proceso en su conjunto- que puede ser sensible a los cambios de temperatura o de humedad del taller). Debe llevarse un control sobre el efecto de estas medidas, realizándose ulteriores análisis y tomando las medidas que se estimen necesarias.

### Actuación sobre la Producción

Las actuaciones sobre la producción están orientadas al pasado, porque la misma implica la detección de productos ya producidos que no se ajustan a las especificaciones.

Si los productos fabricados no satisfacen las especificaciones, será necesario clasificarlos y retirar o reprocesar aquellos no conformes con las especificaciones. Este procedimiento deberá continuar hasta haberse tomado las medidas correctoras necesarias sobre el proceso y haberse verificado las mismas, o hasta que se modifiquen las especificaciones del producto.

Es obvio que la inspección seguida por la actuación únicamente sobre la producción es un pobre sustituto de un rendimiento eficaz



del proceso desde el comienzo. El Control del Proceso centra la atención en la recogida y análisis de información sobre el proceso, a fin de que puedan tomarse medidas para perfeccionar el mismo. Véase figura 30.

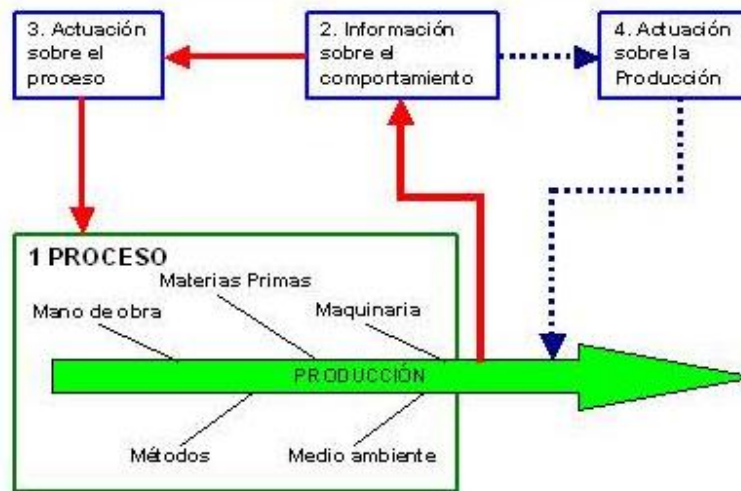


Figura 30. Proceso CEP

**El CEP es una herramienta estadística** que se utiliza en el puesto de trabajo para conseguir el producto adecuado y a la primera. Los gráficos de control constituyen el procedimiento básico del C.E.P. Con dicho procedimiento se pretende cubrir 3 objetivos:

- Seguimiento y vigilancia del proceso
- Reducción de la variación
- Menos costo por unidad

En cualquier proceso productivo, por muy bien que se diseñe y por muy cuidadosamente que se controle, siempre existirá una cierta variabilidad inherente, natural, que no se puede evitar. Esta variabilidad natural, este “ruido de fondo”, es el efecto acumulado de muchas pequeñas causas de carácter, esencialmente, incontrolable. Cuando el “ruido de fondo” sea relativamente pequeño consideraremos aceptable el nivel de funcionamiento del proceso y diremos que la variabilidad natural es originada por un ‘sistema estable de causas de azar’. Un proceso sobre el que solo actúan causas de azar se dice que está bajo control estadístico.

Por el contrario, existen otras causas de variabilidad que pueden estar, ocasionalmente, presentes y que actuarán sobre el proceso. Estas causas se derivan, fundamentalmente, de tres fuentes:

- Ajuste inadecuado de las máquinas
- Errores de las personas que manejan las máquinas

- Materia prima defectuosa.

La variabilidad producida por estas causas suele ser grande en comparación con el “**ruido de fondo**” y habitualmente sitúa al proceso en un nivel inaceptable de funcionamiento. Denominaremos a estas causas “**causas asignables**” y diremos que un proceso funcionando bajo “causas asignables” está fuera de control.

Un objetivo fundamental del C.E.P. es detectar rápidamente la presencia de “causas asignables” para emprender acciones correctoras que eviten la fabricación de productos defectuosos.

Alcanzar un estado de control estadístico de proceso puede requerir un gran esfuerzo pero es sólo el primer paso. Una vez alcanzado, podremos utilizar la información de dicho control como base para estudiar el efecto de cambios planificados en el proceso de producción con el objetivo de mejorar la calidad del mismo. La Operación Evolutiva es un tipo de Diseño de Experimentos en línea (aplicado al proceso productivo) que sirve como herramienta para acercarnos a las condiciones óptimas de funcionamiento del proceso.

### ¿Por qué varía un proceso?

Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales. Las características del producto fabricado no son uniformes y presentan variabilidad.

Esta variabilidad es no deseable y el objetivo es reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de ciertos límites. El Control Estadístico de Procesos es una herramienta útil para alcanzar dicho objetivo. Dado que su aplicación es en el momento de la fabricación puede decirse que esta el momento de la fabricación, puede decirse que esta herramienta contribuye a la mejora de la calidad de la fabricación. Permite también aumentar el conocimiento del proceso dando lugar a la mejora del mismo.

## Unidad 5. Métodos de programación lineal.

La **Programación Lineal** corresponde a un algoritmo a través del cual se resuelven situaciones reales en las que se pretende identificar y resolver dificultades para aumentar la productividad respecto a los recursos (principalmente los limitados y costosos), aumentando así los beneficios. El objetivo primordial de la **Programación Lineal** es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales en varias variables reales con restricciones lineales (sistemas de inecuaciones lineales), optimizando una función objetivo también lineal.

Los resultados y el proceso de optimización se convierten en un respaldo cuantitativo de las decisiones frente a las situaciones planteadas. Decisiones en las que sería importante tener en cuenta diversos criterios administrativos como:

- Los hechos
- La experiencia
- La intuición
- La autoridad

### 5.1 Método Gráfico

El método gráfico es un procedimiento de solución de problemas de **programación lineal** muy limitado en cuanto al número de variables (2 si es un gráfico 2D y 3 si es 3D) pero muy rico en materia de interpretación de resultados e incluso análisis de sensibilidad. Este consiste en representar cada una de las restricciones y encontrar en la medida de lo posible el polígono (poliedro) factible, comúnmente llamado el conjunto solución o región factible, en el cual por razones trigonométricas en uno de sus vértices se encuentra la mejor respuesta (solución óptima).

#### Ejemplo:

La fábrica de Hilados y Tejidos "SALAZAR" requiere fabricar dos tejidos de calidad diferente T y T'; se dispone de 500 Kg de hilo a, 300 Kg de hilo b y 108 Kg de hilo c. Para obtener un metro de T diariamente se necesitan 125 gr de a, 150 gr de b y 72 gr de c; para producir un metro de T' por día se necesitan 200 gr de a, 100 gr de b y 27 gr de c.

El T se vende a \$4000 el metro y el T' se vende a \$5000 el metro. Si se debe obtener el máximo beneficio, ¿cuántos metros de T y T' se deben fabricar?

## Modelización mediante programación lineal

PASO 1: "FORMULAR EL PROBLEMA"

**Para realizar este paso partimos de la pregunta central del problema.**

**¿Cuántos metros de T y T' se deben fabricar?**

Y la formulación es:

“Determinar la cantidad de metros diarios de tejido tipo T y T' a fabricar teniendo en cuenta el óptimo beneficio respecto a la utilidad”.

PASO 2: DETERMINAR LAS VARIABLES DE DECISIÓN

**Basándonos en la formulación del problema nuestras variables de decisión son:**

XT: Cantidad de metros diarios de tejido tipo T a fabricar

XT': Cantidad de metros diarios de tejido tipo T' a fabricar

PASO 3: DETERMINAR LAS RESTRICCIONES DEL PROBLEMA

**En este paso determinamos las funciones que limitan el problema, estas están dadas por capacidad, disponibilidad, proporción, no negatividad entre otras.**

De disponibilidad de materia prima:

$$0,12XT + 0,2XT' \leq 500 \quad \text{Hilo "a"}$$

$$0,15XT + 0,1XT' \leq 300 \quad \text{Hilo "b"}$$

$$0,072XT + 0,027XT' \leq 108 \quad \text{Hilo "c"}$$

De no negatividad

$$XT, XT' \geq 0$$

PASO 4: DETERMINAR LA FUNCIÓN OBJETIVO

**En este paso es de vital importancia establecer el contexto operativo del problema para de esta forma determinar si es de Maximización o Minimización. En este caso abordamos el contexto de beneficio por ende lo ideal es Maximizar.**

Función Objetivo

$$Z_{MAX} = 4000XT + 5000XT'$$

## PASO 5: RESOLVER EL MODELO UTILIZANDO SOFTWARE O MÉTODOS MANUALES

A menudo los problemas de programación lineal están constituidos por innumerables variables, lo cual dificulta su resolución manual, es por esto que se recurre a software especializado, como es el caso de WinQSB, TORA, Lingo o para modelos menos complejos se hace útil la herramienta Solver de Excel.

El anterior ejercicio fue resuelto mediante Solver - Excel, y su resultado fue:

## Celda objetivo (Máximo)

Celda	Nombre	Valor final
FO	Beneficio	13055555.56

## Celdas cambiantes

Variables	Nombre	Valor final
XT	Cantidad a producir T	555.5555609
XT'	Cantidad a producir T'	2166.666663

## Restricciones

Restricciones	Nombre	Valor de la celda	Estado	Divergencia
	Hilo "A" Materia utilizada	500	Obligatorio	0
	Hilo "B" Materia utilizada	300.0000005	Obligatorio	0
	Hilo "C" Materia utilizada	98.5000003	Opcional	9.4999997

## 5.2 Método Simplex

El **Método Simplex** es un método analítico de solución de problemas de programación lineal capaz de resolver modelos más complejos que los resueltos mediante el método gráfico sin restricción en el número de variables.

El **Método Simplex** es un método iterativo que permite ir mejorando la solución en cada paso. La razón matemática de esta mejora radica en que el método consiste en caminar del vértice de un poliedro a un vértice vecino de manera que aumente o disminuya (según el contexto de la función objetivo, sea maximizar o minimizar), dado que el número de vértices que presenta un poliedro solución es finito siempre se hallará solución.

Este famosísimo método fue creado en el año de 1947 por el estadounidense George Bernard Dantzig y el ruso Leonid Vitalievich Kantorovich, con el ánimo de crear un algoritmo capaz de solucionar problemas de  $m$  restricciones y  $n$  variables.

El Método Simplex trabaja basándose en ecuaciones y las restricciones iniciales que se modelan mediante programación lineal no lo son, para ello hay que convertir estas inecuaciones en ecuaciones utilizando unas variables denominadas de holgura y exceso relacionadas con el recurso al cual hace referencia la restricción y que en el tabulado final representa el "*Slack or surplus*" al que hacen referencia los famosos programas de resolución de investigación de operaciones, estas variables adquieren un gran valor en el análisis de sensibilidad y juegan un rol fundamental en la creación de la matriz identidad base del Simplex.

Estas variables suelen estar representadas por la letra "S", se suman si la restricción es de signo " $\leq$ " y se restan si la restricción es de signo " $\geq$ ".

Por ejemplo:

#### Inecuaciones modeladas mediante programación lineal

$$2X_1 + 3X_2 + 1X_3 \leq 500$$

$$3X_1 + 1X_2 + 1X_3 \leq 700$$

$$4X_1 + 2X_2 + 2X_3 \leq 800$$

#### Inecuaciones transformadas en ecuaciones

$$2X_1 + 3X_2 + 1X_3 + 1S_1 + 0S_2 + 0S_3 = 500$$

$$3X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0S_1 + 1S_2 + 0S_3 = 700$$

$$4X_1 + 2X_2 + 2X_3 + 0S_1 + 0S_2 + 1S_3 = 800$$

Matriz Identidad

Inecuaciones modeladas mediante programación lineal

$$2X_1 + 3X_2 + 1X_3 \geq 500$$

$$3X_1 + 1X_2 + 1X_3 \geq 700$$

$$4X_1 + 2X_2 + 2X_3 \geq 800$$

Inecuaciones transformadas en ecuaciones

$$2X_1 + 3X_2 + 1X_3 - 1S_1 + 0S_2 + 0S_3 = 500$$

$$3X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 0S_1 - 1S_2 + 0S_3 = 700$$

$$4X_1 + 2X_2 + 2X_3 + 0S_1 + 0S_2 - 1S_3 = 800$$

### 5.3 Método de la Gran M

Una variable artificial es un truco matemático para convertir inecuaciones " $\geq$ " en ecuaciones, o cuando aparecen igualdades en el problema original, la característica principal de estas variables es que no deben formar parte de la solución, dado que no representan recursos. El objetivo fundamental de estas variables es la formación de la matriz identidad.

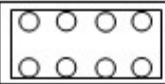

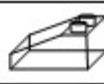

Estas variables se representa por la letra "A", siempre se suman a las restricciones, su coeficiente es M (por esto se le denomina Método de la M grande, donde M significa un número demasiado grande muy poco atractivo para la función objetivo), y el signo en la función objetivo va en contra del sentido de la misma, es decir, en problemas de Maximización su signo es menos (-) y en problemas de Minimización su signo es (+), repetimos con el objetivo de que su valor en la solución sea cero (0).

#### Ejemplo:

La empresa el SAMÁN Ltda. Dedicada a la fabricación de muebles, ha ampliado su producción en dos líneas más. Por lo tanto actualmente fabrica mesas, sillas, camas y bibliotecas. Cada mesa requiere de 2 piezas rectangulares de 8 pines, y 2 piezas cuadradas de 4 pines. Cada silla requiere de 1 pieza rectangular de 8 pines y 2 piezas cuadradas de 4

pinos, cada cama requiere de 1 pieza rectangular de 8 pines, 1 cuadrada de 4 pines y 2 bases trapezoidales de 2 pines y finalmente cada biblioteca requiere de 2 piezas rectangulares de 8 pines, 2 bases trapezoidales de 2 pines y 4 piezas rectangulares de 2 pines. Cada mesa cuesta producirla \$10000 y se vende en \$ 30000, cada silla cuesta producirla \$ 8000 y se vende en \$ 28000, cada cama cuesta producirla \$ 20000 y se vende en \$ 40000, cada biblioteca cuesta producirla \$ 40000 y se vende en \$ 60000. El objetivo de la fábrica es maximizar las utilidades. Véase tabla 5.

Tabla 5. Requisición de material

				
Mesas	2	2	0	0
Sillas	1	2	0	0
Camas	1	1	2	0
Bibliotecas	2	0	2	4
Inventario	24	20	20	16

### PASO 1: MODELACIÓN MEDIANTE PROGRAMACIÓN LINEAL

Las variables:

$X_1$  = Cantidad de mesas a producir (unidades)

$X_2$  = Cantidad de sillas a producir (unidades)

$X_3$  = Cantidad de camas a producir (unidades)

$X_4$  = Cantidad de bibliotecas a producir (unidades)

Las restricciones:

$$2X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 2X_4 \leq 24$$

$$2X_1 + 2X_2 + 1X_3 \leq 20$$

$$2X_3 + 2X_4 \leq 20$$

$$4X_4 \leq 16$$



La función Objetivo:

$$Z_{MAX} = 20000X_1 + 20000X_2 + 20000X_3 + 20000X_4$$

### **PASO 2: CONVERTIR LAS INECUACIONES EN ECUACIONES**

En este paso el objetivo es asignar a cada recurso una variable de Holgura, dado que todas las restricciones son " $\leq$ ".

$$2X_1 + 1X_2 + 1X_3 + 2X_4 + 1S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 0S_4 = 24$$

$$2X_1 + 2X_2 + 1X_3 + 0X_4 + 0S_1 + 1S_2 + 0S_3 + 0S_4 = 20$$

$$0X_1 + 0X_2 + 2X_3 + 2X_4 + 0S_1 + 0S_2 + 1S_3 + 0S_4 = 20$$

$$0X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 4X_4 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3 + 1S_4 = 16$$

De esta manera podemos apreciar una matriz identidad ( $n = 4$ ), formado por las variables de holgura las cuales solo tienen coeficiente 1 en su respectivo recurso, por el ejemplo la variable de holgura "S1" solo tiene coeficiente 1 en la restricción correspondiente a el recurso 1.

La función objetivo no sufre variaciones:

$$Z_{MAX} = 20000X_1 + 20000X_2 + 20000X_3 + 20000X_4$$

### **PASO 3: DEFINIR LA SOLUCIÓN BÁSICA INICIAL**

El Método Simplex parte de una solución básica inicial para realizar todas sus iteraciones, esta solución básica inicial se forma con las variables de coeficiente diferente de cero (0) en la matriz identidad.

$$1S_1 = 24$$

$$1S_2 = 20$$

$$1S_3 = 20$$

$$1S_4 = 16$$

**PASO 4: DEFINIR LA TABLA SIMPLEX INICIAL**

Tabla 6. Tabla inicial método simplex

	Cj									
Cb	Variable Solucion	Solucion								
	Zj									
	Cj - Zj									

**Solución:** (segundo término)= En esta fila se consigna el segundo término de la solución, es decir las variables, lo más adecuado es que estas se consignent de manera ordenada, tal cual como se escribieron en la definición de restricciones.

**Cj** = La fila "Cj" hace referencia al coeficiente que tiene cada una de las variables de la fila "solución" en la función objetivo.

**Variable Solución** = En esta columna se consigna la solución básica inicial, y a partir de esta en cada iteración se van incluyendo las variables que formarán parte de la solución final.

**Cb** = En esta fila se consigna el valor que tiene la variable que se encuentra a su derecha "Variable solución" en la función objetivo.

**Zj** = En esta fila se consigna la contribución total, es decir la suma de los productos entre término y Cb.

**Cj - Zj** = En esta fila se realiza la diferencia entre la fila Cj y la fila Zj, su significado es un "*Shadow price*", es decir, la utilidad que se deja de recibir por cada unidad de la variable correspondiente que no forme parte de la solución. Ver tabla 7.

Tabla 7. Solución inicial.

**Función Objetivo**  
 $Z_{MAX} = 20000X_1 + 20000X_2 + 20000X_3 + 20000X_4$

Cj			20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
0	S1	24	2	1	1	2	1	0	0	0
0	S2	20	2	2	1	0	0	1	0	0
0	S3	20	0	0	2	2	0	0	1	0
0	S4	16	0	0	0	4	0	0	0	1
	Zj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cj - Zj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0

**Matriz Identidad**

**Solución Básica Inicial**

$1S_1 = 24$   
 $1S_2 = 20$   
 $1S_3 = 20$   
 $1S_4 = 16$

**Coefficientes de las variables de al lado en la función objetivo**

**Restricciones en el orden de la formulación**

**PASO 5: REALIZAR LAS ITERACIONES NECESARIAS**

Este es el paso definitivo en la resolución por medio del Método Simplex, consiste en realizar intentos mientras el modelo va de un vértice del poliedro objetivo a otro.

El procedimiento a seguir es el siguiente (ver tabla 8):

Tabla 8. Procedimiento para iteraciones

	Maximizar	Minimizar
Variable que entra	La más positiva de los Cj - Zj	La más negativa de los Cj - Zj
Variable que sale	Siendo <i>b</i> los valores bajo la celda solución y <i>a</i> el valor correspondiente a la intersección entre <i>b</i> y la variable que entra. La menos positiva de los <i>b/a</i> .	Siendo <i>b</i> los valores bajo la celda solución y <i>a</i> el valor correspondiente a la intersección entre <i>b</i> y la variable que entra. La más positiva de los <i>b/a</i> .

1. Evaluar que variable entrará y cual saldrá de la solución óptima:

2. El hecho de que una variable distinta forme parte de las variables solución implica una serie de cambios en el tabulado Simplex, cambios que se explicarán a continuación. Lo primero es no olvidar el valor del "a" correspondiente a la variables a entrar, en este caso el "a = 4". Véase Tabla 9 y 10.

Tabla 9. Evaluación de la variable entrante

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0	
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4	b/a
0	S1	24	2	1	1	2	1	0	0	0	24/2 = 12
0	S2	20	2	2	1	0	0	1	0	0	20/0 = N/A
0	S3	20	0	0	2	2	0	0	1	0	20/2 = 10
0	S4	16	0	0	0	4	0	0	0	1	16/4 = 4
	Zj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cj - Zj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0	0

Tabla 10. Tabulado Simplex

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0	
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4	
0	S1										
0	S2										
0	S3										
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0.25
	Zj										
	Cj - Zj										
	S4	16	0	0	0	4	0	0	0	0	1

$a = 4$

Lo siguiente es comenzar a rellenar el resto de la tabla, fila x fila (ver tabla 11).

Tabla 11. Procedimiento rellenar tabla simplex.

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
0	S1	16	2	1	1	0	1	0	0	-0.5
0	S2									
0	S3									
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj									
	Cj - Zj									

S1	24	2	1	1	2	1	0	0	0	0
----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0.25
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------

Multiplicado por -(a), es decir, multiplicado por -2

=

-8	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	-0.5
----	---	---	---	---	----	---	---	---	---	------

Luego este resultado se le suma a los valores de la fila que se encontraba en la tabla anterior dando como resultado la nueva fila

Se repite este procedimiento con las dos filas restantes, ahora se harán los cálculos correspondientes en el resto de las celdas.

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
0	S1	16	2	1	1	0	1	0	0	-0.5
0	S2	20	2	2	1	0	0	1	0	0
0	S3	12	0	0	2	0	0	0	1	-0.5
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj	80000	0	0	0	20000	0	0	0	5000
	Cj - Zj		20000	20000	20000	0	0	0	0	-5000

Una vez consignados los valores de la matriz se procede a realizar los cálculos que permitan terminar la tabla correspondiente a la primera iteración.

Aquí se consigna la sumatoria de las multiplicaciones entre, "Cb \* Solución"  
 $(0 \cdot 16) + (0 \cdot 20) + (0 \cdot 12) + (20000 \cdot 4) = 80000$

Aquí se consigna la sumatoria de las multiplicaciones entre, "Cb y la matriz"  
 $(0 \cdot 0) + (0 \cdot 0) + (0 \cdot 0) + (20000 \cdot 1) = 20000$

En esta fila se realiza la operación  $Cj - Zj$ , por ejemplo:  
 $(0 - 5000) = -5000$

Se repite el procedimiento

Cabe recordar que es esta fila la que define el final de las iteraciones, dependiendo de un criterio que veremos más adelante.

De esta manera se culmina la primera iteración, este paso se repetirá cuantas veces sea necesario y solo se dará por terminado el método según los siguientes criterios.

	Maximizar	Minimizar
<b>Solución Óptima</b>	Cuando todos los $C_j - Z_j$ sean $\leq 0$	Cuando todos los $C_j - Z_j$ sean $\geq 0$

Continuamos con las iteraciones para lo cual tenemos que repetir los pasos anteriores.

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
	S1	6	1	0	0.5	0	1	-0.5	0	-0.5
20000	X2	10	1	1	0.5	0	0	0.5	0	0
	S3	12	0	0	2	0	0	0	1	-0.5
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj	90000	20000	20000	10000	20000	0	10000	0	5000
	Cj - Zj		0	0	10000	0	0	-10000	0	-5000

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
20000	X1	6	1	0	0.5	0	1	-0.5	0	-0.5
20000	X2	4	0	1	0	0	-1	1	0	0.5
	S3	12	0	0	2	0	0	0	1	-0.5
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj	280000	20000	20000	10000	20000	0	10000		5000
	Cj - Zj		0	0	10000	0	0	-10000	0	-5000

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
20000	X1	3	1	0	0	0	1	-0.5	-0.25	-0.375
20000	X2	4	0	1	0	0	-1	1	0	0.5
20000	X3	6	0	0	1	0	0	0	0.5	-0.25
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj	340000	20000	40000	20000	20000	0	10000	5000	2500
	Cj - Zj		0	-20000	0	0	0	-10000	-5000	-2500

En esta última iteración podemos observar que se cumple con la consigna  $C_j - Z_j \leq 0$ , para ejercicios cuya función objetivo sea "Maximizar", por ende hemos llegado a la respuesta óptima.

$X_1 = 3$

$X_2 = 4$

$X_3 = 6$

$X_4 = 4$

Con una utilidad de: \$ 340000

Sin embargo una vez finalizado el Método Simplex se debe observar una matriz identidad en el rectángulo determinado por las variables de decisión, el hecho de que en este caso no se muestre la matriz identidad significa que existe una solución óptima alterna.

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
20000	X1	3	1	1	0	0	1	-0.5	-0.25	0.125
20000	X2	4	0	1	0	0	-1	1	0	0.5
20000	X3	6	0	0	1	0	0	0	0.5	-0.25
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj	340000	20000	40000	20000	20000	0	10000	5000	12500
	Cj - Zj		0	-20000	0	0	0	-10000	-5000	-12500

La manera de llegar a la otra solución consiste en alterar el orden en que cada una de las variables entro a la solución básica, recordemos que el proceso fue decidido al azar debido a la igualdad en el  $C_j - Z_j$  del tabulado inicial. Aquí les presentamos una de las maneras de llegar a la otra solución.

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
0	S1	24	2	1	1	2	1	0	0	0
0	S2	20	2	2	1	0	0	1	0	0
0	S3	20	0	0	2	2	0	0	1	0
0	S4	16	0	0	0	4	0	0	0	1
	Zj	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cj - Zj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
0	S1	16	2	1	1	0	1	0	0	-0.5
0	S2	20	2	2	1	0	0	1	0	0
0	S3	12	0	0	2	0	0	0	1	-0.5
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj	80000	0	0	0	20000	0	0	0	5000
	Cj - Zj		20000	20000	20000	0	0	0	0	-5000

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
0	S1	10	2	1	0	0	1	0	-0.5	0.25
0	S2	14	2	2	0	0	0	1	-0.5	0.25
20000	X3	6	0	0	1	0	0	0	0.5	-0.25
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj	200000	0	0	20000	20000	0	0	10000	0
	Cj - Zj		20000	20000	0	0	0	0	-10000	0

	Cj		20000	20000	20000	20000	0	0	0	0
Cb	Variable Solucion	Solucion	X1	X2	X3	X4	S1	S2	S3	S4
0	S1	3	1	0	0	0	1	-0.5	-0.25	0.125
20000	X2	7	1	1	0	0	0	0.5	-0.25	0.125
20000	X3	6	0	0	1	0	0	0	0.5	-0.25
20000	X4	4	0	0	0	1	0	0	0	0.25
	Zj	340000	20000	20000	20000	20000	0	10000	5000	2500
	Cj - Zj		0	0	0	0	0	-10000	-5000	-2500

Podemos observar como existe una solución óptima alternativa en la cual la combinación de variables es distinta y existe un menor consumo de recursos, dado que el hecho de que se encuentre la variable "S1" en la solución



óptima con un coeficiente de "3" significa que se presenta una holgura de 3 unidades del recurso (pieza rectangular de 8 pines).

$X_1 = 0$  (Cantidad de mesas a producir = 0)

$X_2 = 7$  (Cantidad de sillas a producir = 7)

$X_3 = 6$  (Cantidad de camas a producir = 6)

$X_4 = 4$  (Cantidad de bibliotecas a producir = 4)

$S_1 = 3$  (Cantidad de piezas rectangulares de 8 pines sin utilizar = 3)

Con una utilidad de: \$ 340000

## Unidad 6. Estudio de Tiempos y Movimientos

"La Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida".

De la anterior definición es importante centrarse en el término "Técnicas", porque tal como se puede inferir no es solo una, y el Estudio de Tiempos es una de ellas.

*"El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida".*

### 6.1 Diagrama de flujo

El *diagrama de flujo del proceso* cuenta con mucho mayor detalle que el diagrama del proceso operativo. Como consecuencia, no se aplica generalmente a todos los ensambles, sino que a cada componente de un ensamble. El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos.

Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. Los diagramas de flujo de procesos, por lo tanto, necesitan varios símbolos además de los de operación e inspección que se utilizan en los diagramas de procesos operativos. Una flecha pequeña significa transporte, el cual puede definirse como mover un objeto de un lugar a otro excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección. Una letra D mayúscula representa un retraso, el cual se presenta cuando una parte no puede ser procesada inmediatamente en la próxima estación de trabajo. Un triángulo equilátero parado en su vértice significa almacenamiento, el cual se presenta cuando una parte se guarda y protege en un determinado lugar para que nadie la remueva sin autorización. Estos cinco símbolos constituyen el conjunto estándar de símbolos que se utilizan en los diagramas de flujo de procesos (ASME, 1974). Véase figura 31.


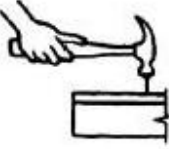


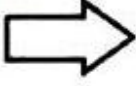




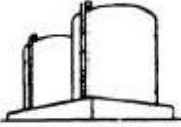
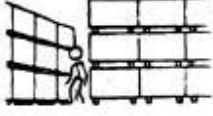









<b>Operación</b>  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
<b>Transporte</b>  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
<b>Almacenamiento</b>  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
<b>Retrasos</b>  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
<b>Inspección</b>  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 31. Símbolos diagrama de flujo

Dos tipos de diagramas de flujo se utilizan actualmente: de productos o materiales y de personas u operativos. El diagrama de producto proporciona los detalles de los eventos que involucran un producto o un material, mientras que el diagrama de flujo operativo muestra a detalle cómo lleva a cabo una persona una secuencia de operaciones.

De la misma forma que el diagrama de procesos de operación, el diagrama de flujo del proceso se identifica mediante un título

diagrama de flujo de procesos, y la información adicional que lo acompaña que generalmente incluye el número de parte, el número de diagrama, la descripción del proceso, el método actual o propuesto, la fecha y el nombre de la persona que elaboró el diagrama.

Dentro de la información adicional que puede ser útil para identificar totalmente el trabajo que se está realizando se encuentra la planta, edificio o departamento; el número de diagrama; la cantidad; y el costo.

El analista debe describir cada evento del proceso, encerrar en un círculo el símbolo adecuado del diagrama del proceso e indicar los tiempos asignados para los procesos o retrasos y las distancias de transporte. Después tiene que conectar los símbolos de eventos consecutivos con una línea vertical. La columna del lado derecho proporciona suficiente espacio para que el analista incorpore comentarios o haga recomendaciones que conduzcan a cambios en el futuro.

Para determinar la distancia desplazada, no es necesario que el analista mida cada movimiento de una manera precisa con una cinta o una regla de 6 pies. Se obtiene un valor lo suficientemente correcto si se cuenta el número de columnas que el material se desplaza y luego se multiplica dicho número, menor a 1, por la distancia entre columnas. Los desplazamientos de 5 pies o menores por lo general no se registran; sin embargo, pueden registrarse si el analista considera que afectan el costo total del método que se está graficando.

En el diagrama se deben incluir todos los retrasos y tiempos de almacenamiento. A medida que una parte permanezca más tiempo en almacenamiento o se retrasa, mayor será el costo que acumule así como el tiempo que el cliente tendrá que esperar para la entrega. Por lo tanto, es importante saber cuánto tiempo consume una parte por cada retraso o almacenamiento. El método más económico para determinar la duración de los retrasos y almacenamientos es mediante el marcado de varias partes con un gis, que indique el tiempo exacto durante el cual se almacenaron o se retrasaron. Después es necesario verificar periódicamente la sección para ver cuándo entraron de nuevo a producción las partes marcadas. Se verifica un número de veces, se registra el tiempo consumido y luego se promedian los resultados, y así, los analistas pueden obtener valores de tiempo suficientemente precisos.

El diagrama de flujo del proceso, de la misma forma que el diagrama de procesos operativos, no es el final en sí mismo; es sólo un medio para llegar al final. Esta herramienta facilita la eliminación o reducción de los costos ocultos de un componente. Puesto que el diagrama de flujo muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, la información que ofrece puede dar como consecuencia una reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. Asimismo, puesto que las

distancias se encuentran registradas en el diagrama de flujo del proceso, este diagrama es excepcionalmente valioso para mostrar cómo puede mejorarse la distribución de una planta. Ver figura 32.

Diagrama de flujo del proceso		Resumen			
Ubicación: Dorben Ad Agency		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Operación	4		
Fecha 1-26-98		Transporte	4		
Operador: J.S.      Analista: A. F.		Retrasos	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados		Inspección	0		
Método: <u>Presente</u> Propuesto		Almacenamiento	2		
Tipo: <u>Trabajador</u> Material    Máquina		Tiempo (min)			
Comentarios:		Distancia (pies)	340		
		Costo			
Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método	
Cuarto con la existencia de materiales	○ ◇ D □ ●				
Hacia el cuarto de recopilación	○ ● D □ ▽		100		
Ordenar los estantes por tipo	○ ◇ ● □ ▽				
Ordenar cuatro hojas	● ◇ D □ ▽				
Apilar	○ ◇ ● □ ▽				
Hacia el cuarto de doblado	○ ● D □ ▽		20		
Empujar, doblar, rayar	● ◇ D □ ▽				
Apilar	○ ◇ ● □ ▽				
Colocar la engrapadora	○ ● D □ ▽		20		
Poner la grapa	● ◇ D □ ▽				
Apilar	○ ◇ ● □ ▽				
Hacia el cuarto del correo	○ ● D □ ▽		200		
Colocar la dirección	● ◇ D □ ▽				
A la bolsa del correo	○ ◇ D ● ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				
	○ ◇ D □ ▽				

Figura 32. Diagrama de flujo

## 6.2 Diagrama de proceso

La *gráfica del proceso operativo* o *diagrama de operaciones de proceso* muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. La gráfica muestra la entrada de todos los componentes y sub ensamblados al ensamble principal. De la misma manera como un esquema muestra detalles de diseño tales como partes, tolerancias y especificaciones, la gráfica del proceso operativo ofrece detalles de la manufactura y del negocio con sólo echar un vistazo.

Se utilizan dos símbolos para construir la gráfica del proceso operativo: un pequeño círculo representa una operación y un pequeño cuadrado representa una inspección. Una operación se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte. Una inspección se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar. Observe que algunos analistas prefieren describir sólo las operaciones, por lo que al resultado le llaman *gráfica de la descripción del proceso*.

Antes de comenzar la construcción real de la gráfica de procesos operativos, los analistas identifican la gráfica por medio del título *Gráfica del proceso operativo*, e información adicional como el número de parte, número de plano, descripción del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elaboró la gráfica. Dentro de la información adicional se pueden incluir datos tales como el número de gráfica, la planta, el edificio y el departamento.

Las líneas verticales indican el flujo general del proceso a medida que se realiza el trabajo, mientras que las líneas horizontales que alimentan a las líneas de flujo vertical indican materiales, ya sea comprados o elaborados durante el proceso. Las partes se muestran como ingresando a una línea vertical para ensamblado o abandonando una línea vertical para desensamblado. Los materiales que son desensamblados o extraídos se representan mediante líneas horizontales de materiales y se dibujan a la derecha de la línea de flujo vertical, mientras que los materiales de ensamblado se muestran mediante líneas horizontales dibujadas a la izquierda de la línea de flujo vertical.

En general, el diagrama del proceso operativo se construye de tal manera que las líneas de flujo verticales y las líneas de materiales horizontales no se crucen. Si es estrictamente necesario el cruce de una línea vertical con una horizontal, se debe utilizar la convención para mostrar que no se presenta ninguna conexión; esto es, dibujar un pequeño semicírculo en la línea horizontal en el punto donde la línea vertical lo cruce (ver figura 33).

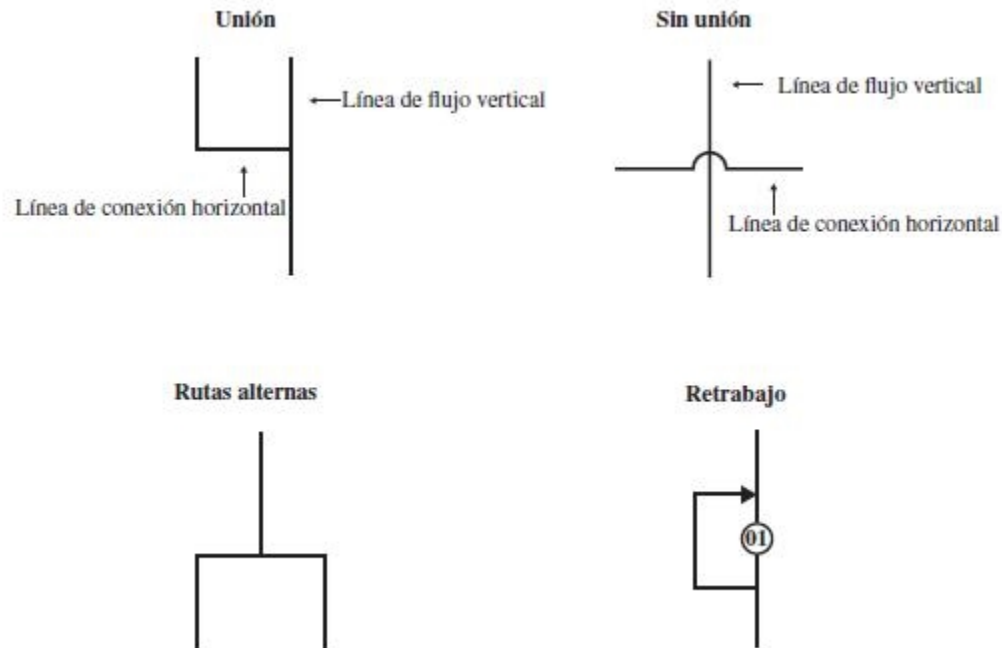


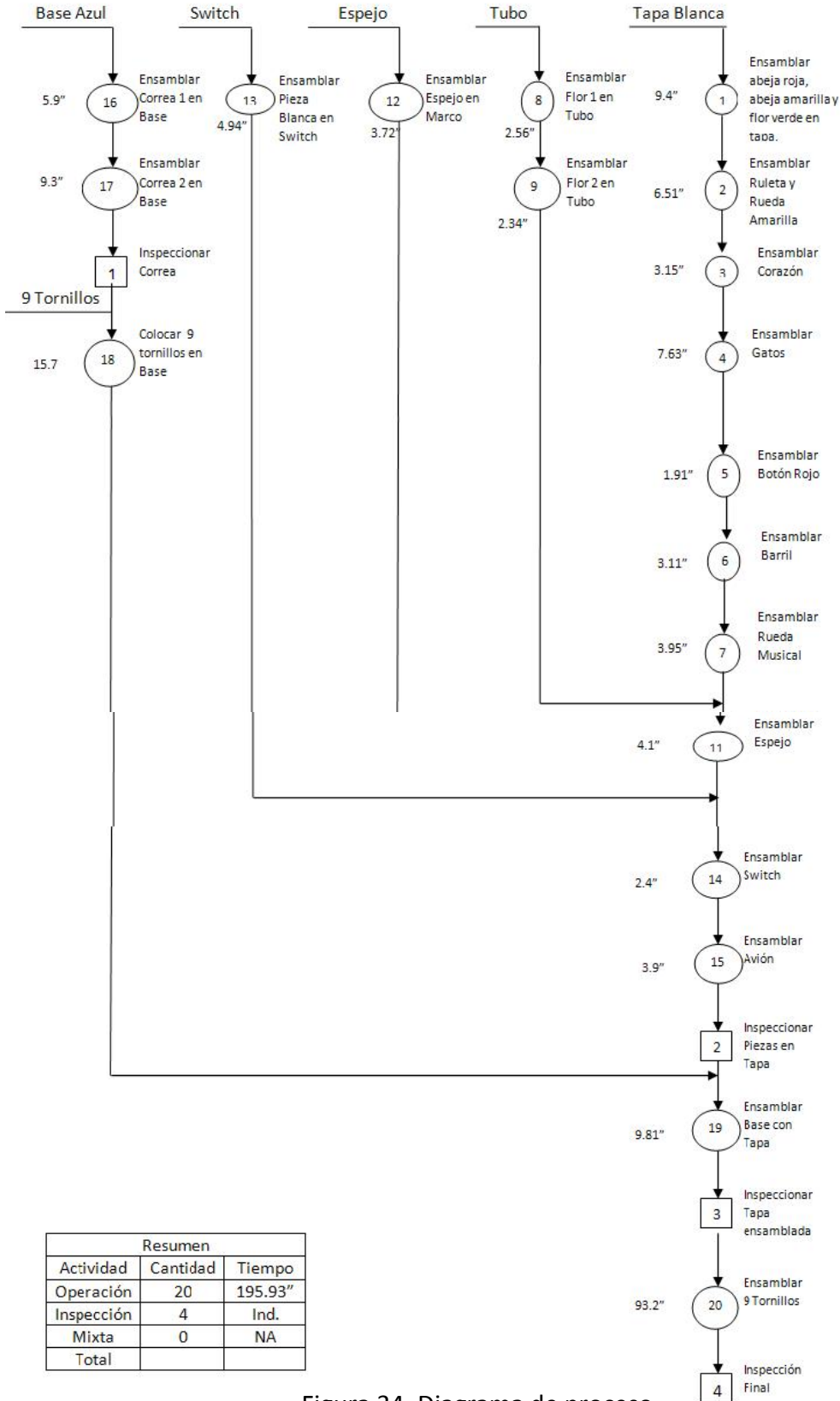
Figura 33. Convenciones del diagrama de operaciones

Los valores del tiempo, basados en estimaciones o en mediciones reales, pueden asignarse a cada operación o inspección. En la figura 34 se muestra un diagrama típico de proceso operativo completo que ilustra la fabricación de bases para teléfono.

El diagrama de proceso operativo terminado ayuda a los analistas a visualizar el método en curso, con todos sus detalles, de tal forma que se pueden identificar nuevos y mejores procedimientos.

Este diagrama muestra a los analistas qué efecto tendrá un cambio en una determinada operación en las operaciones precedentes y subsecuentes. Es muy usual lograr 30% de reducción de tiempo mediante el uso de los principios del análisis de operaciones en conjunto con el diagrama de procesos operativos, el cual sugiere inevitablemente posibilidades para la mejora.

Asimismo, puesto que cada etapa se muestra en su secuencia cronológica apropiada, el diagrama en sí mismo constituye una distribución ideal de la planta. En consecuencia, los analistas de métodos consideran esta herramienta extremadamente útil para desarrollar nuevas distribuciones y mejorarlas existentes.



Resumen		
Actividad	Cantidad	Tiempo
Operación	20	195.93"
Inspección	4	Ind.
Mixta	0	NA
Total		

Figura 34. Diagrama de proceso.



### 6.3 Diagrama Hombre-Máquina

El diagrama de procesos hombre-máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Estos hechos pueden conducir a una utilización más completa del tiempo del trabajador y de la máquina así como a obtener un mejor balance del ciclo de trabajo.

Muchas máquinas herramienta son totalmente automáticas (la máquina de tornillo automático) o semiautomáticas (el torno de torreta). Con este tipo de equipos, el operador muy a menudo está desocupado en una parte del ciclo. La utilización de este tiempo ocioso puede incrementar las ganancias del operador y mejorar la eficiencia de la producción.

La práctica de hacer que un empleado maneje más de una máquina se conoce como *acoplamiento de máquinas*. Debido a que los sindicatos se podrían resistir a aceptar este concepto, la mejor manera de “vender” el acoplamiento de máquinas es demostrar la oportunidad de obtener ganancias adicionales.

Puesto que el acoplamiento de máquinas aumenta el porcentaje de “tiempo de esfuerzo” durante el ciclo de operación, son posibles mayores incentivos si la compañía trabaja con base en un plan de pago de incentivos. También se obtienen ganancias bases mayores cuando se pone en práctica el acoplamiento de máquinas, puesto que el operador tiene una mayor responsabilidad y puede ejercer un esfuerzo mental y físicos mayores.

Cuando se elabora el diagrama de procesos hombre-máquina, en primer lugar el analista debe identificar el diagrama con un título tal como Diagrama de procesos hombre-máquina. Información adicional acerca de la identificación podría incluir el número de parte, el número de diagrama, la descripción de la operación, el método actual o propuesto, la fecha y el número de la persona que elabora el diagrama.

En razón de que los diagramas hombre-máquina se dibujan siempre a escala, el analista debe seleccionar una distancia en pulgadas o centímetros para estar de acuerdo con una unidad de tiempo tal que el diagrama pueda distribuirse adecuadamente. A medida que el tiempo del ciclo de la operación que se analiza sea mayor, la distancia por minuto decimal será más corta. Una vez que se han establecido los valores exactos de la distancia, en pulgadas o centímetros por unidad de tiempo, el diagrama puede comenzar. El lado izquierdo muestra las operaciones y el tiempo para el empleado, mientras que el derecho muestra el tiempo trabajado y el tiempo ocioso de la máquina o máquinas.

Una línea continua que se dibuja verticalmente representa el tiempo de trabajo del empleado. Un corte en la línea trabajo-tiempo vertical significa tiempo ocioso. De la misma manera, una línea vertical continua por debajo de cada encabezado de máquina indica

el tiempo de operación de la máquina y un corte en la línea vertical de la máquina señala el tiempo ocioso de ésta. Una línea punteada por debajo de la columna máquina indica el tiempo de carga y de descarga de la máquina, durante el cual la máquina no está ociosa ni en operación.

El analista debe elaborar diagramas de todos los elementos de tiempo ocioso y ocupado tanto del trabajador como de la máquina a lo largo de la terminación del ciclo. La parte inferior del diagrama muestra el tiempo de trabajo total y el tiempo ocioso total del trabajador así como el tiempo de trabajo total y el tiempo ocioso de cada máquina. El tiempo productivo más el tiempo ocioso del trabajador debe ser igual al tiempo productivo más el tiempo ocioso de cada máquina con la que él opera.

Es necesario contar con valores elementales de tiempo precisos antes de que el diagrama del trabajador y la máquina puedan construirse. Dichos valores deben representar tiempos estándar que incluyan una tolerancia aceptable para la fatiga, retrasos inevitables y retardos del personal. El analista nunca debe utilizar lecturas generales del cronómetro para elaborar el diagrama.

El diagrama de proceso hombre-máquina terminado muestra claramente la áreas en las que ocurre el tiempo ocioso de máquina y el tiempo ocioso del trabajador. Por lo general, estas áreas son un buen lugar para comenzar a llevar a cabo mejoras. Sin embargo, el analista también debe comparar el costo de la máquina ociosa con el del trabajador ocioso. Es sólo cuando se considera el costo total que el analista puede recomendar con seguridad un método por encima de otro. En la siguiente sección se presentan las consideraciones económicas. Ver figura 34.

Operario	Tiempo	Inyector 1	Tiempo	Ensambladora	Tiempo	Inyector 2	Tiempo
Desc. Iny. -1	2	Descarga	2				
Arranca I-1	1	Arranca	1				
Rebabeado manual	3						
Desc. Ens.	2	Inyección	10	Descarga	2		
Carga ens.	1			carga	1		
Desc. Iny. 2	2					Descarga	2
Arranca I-2	1			Ensamblar	4	Arranca	1
Rebabeado manual	3			Tiempo muerto	2		
Desc. Ens.	2	Tiempo muerto	5	Descarga	2	Inyección	10
Carga ens.	1			carga	1		

Ciclo = 18 min  
 Producción  
 por ciclo = 2 Piezas  

$$\text{Piezas por día} = \frac{2 \times 480}{18 \cdot \text{min}} = 53.3$$

$$\cong 53 \text{ Pzas.}$$

Figura 34. Diagrama Hombre-Máquina

#### 6.4 Diagrama de Recorrido

A pesar de que el diagrama de flujo del proceso proporciona la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de manufactura, no muestra un plan pictórico del flujo del trabajo.

A veces esta información es útil para desarrollar un nuevo método. Por ejemplo, antes de que se pueda reducir un transporte, el analista necesita observar o visualizar dónde hay suficiente espacio para construir una instalación de tal manera que la distancia de transporte puede acortarse. De la misma forma, es de utilidad visualizar las áreas potenciales de almacenamiento temporal o permanente, las estaciones de inspección y los puntos de trabajo.

La mejor manera de proporcionar esta información es conseguir un diagrama de las áreas de la planta involucradas y después bosquejar las líneas de flujo, es decir, indicar el movimiento del material de una actividad a la otra. El diagrama de flujo o recorrido es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de *flujo del proceso*. Cuando los analistas elaboran un diagrama de flujo o recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo. Se pueden utilizar colores diferentes para indicar líneas de flujo en más de una parte.

La figura 35 muestra un diagrama de recorrido hecho en conjunto con un diagrama de flujo de procesos con el fin de mejorar la producción del rifle Garand (M1) de la Armería Springfield. En la figura 36 se muestra el diagrama de recorrido mejorado, dio como consecuencia ahorros que incrementaron la producción de 500 cañones de rifle por turno a 3 600 con el mismo número de empleados.

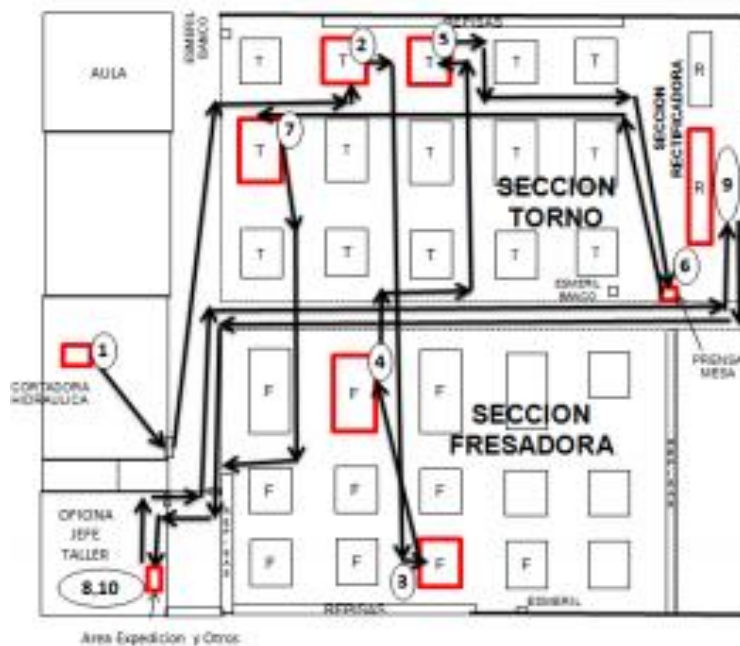


Figura 35. Diagrama de recorrido (antes).

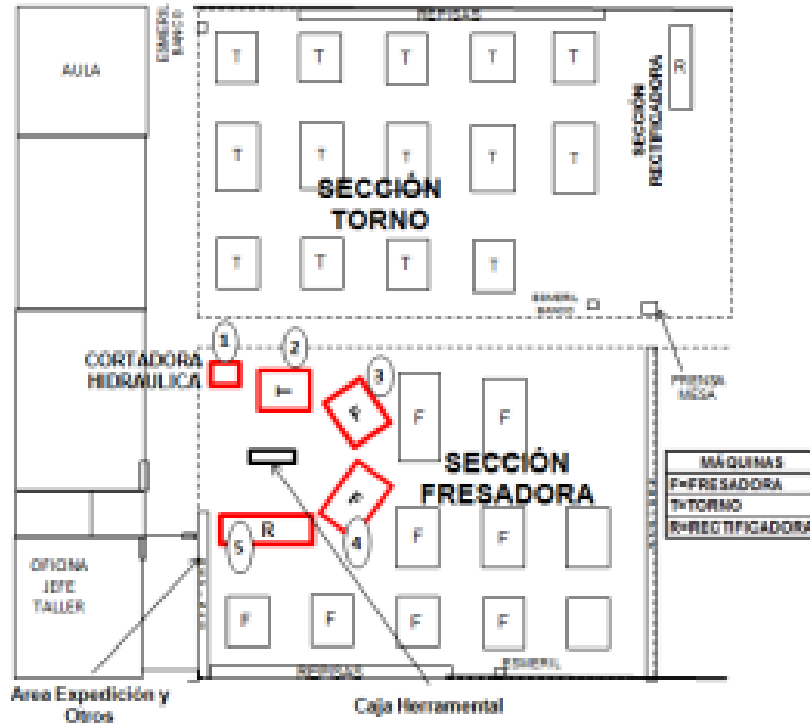





Figura 6 Diagrama de recorrido (después).

## IV. PRÁCTICAS

 			
<b>DESARROLLO DE LA PRÁCTICA O PROYECTO</b>			
Nombre de la asignatura	Ingeniería Industrial		
Nombre de la Unidad de aprendizaje	Principios de la Ingeniería Industrial		
Nombre de la práctica o proyecto	Entorno de la Ingeniería Industrial		
Numero	01	Duración (horas):	6
Resultado de aprendizaje	Al completar la unidad de aprendizaje, el alumno será capaz de : Identificar la Ing. Ind. Como una disciplina y su campo de trabajo. Relacionar la Ing. Industrial con otras disciplinas.		
Material o equipo:	Rotafolios, fotografías de empresas, computadora, internet.		
Actividades a desarrollar en la práctica: <ul style="list-style-type: none"> <li>• En equipos de 5 personas, los alumnos realizarán una investigación documental sobre los campos de estudio de la ingeniería industrial.</li> <li>• De manera individual cada alumno creara un perfil del ingeniero industrial y buscara 2 vacantes donde especifiquen los conocimientos y habilidades.</li> <li>• El equipo informará sobre congresos o coloquios relacionados con la ingeniería industrial con la finalidad de relacionar la ingeniería industrial con otras disciplinas.</li> </ul>			
Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica: <p><b>Diagrama de relaciones:</b> Relacionar la ingeniería industrial con el campo profesional y otras disciplinas.</p>			

 			
<b>DESARROLLO DE LA PRÁCTICA O PROYECTO</b>			
Nombre de la asignatura	Ingeniería Industrial		
Nombre de la Unidad de aprendizaje	Filosofías, herramientas de calidad y mejora continua.		
Nombre de la práctica o proyecto	Sistemas Productivos		
Numero	02	Duración (horas):	16
Resultado de aprendizaje	Al completar la unidad de aprendizaje, el alumno será capaz de : Utilizar las siete herramientas de calidad y las técnicas de mejora continua para eficientar un proceso productivo.		
Material o equipo:	Cartón, papel, material para elaborar maquetas. Tabla de madera. Pegamento.		
<p>Actividades a desarrollar en la práctica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El alumno deberá elaborar una maqueta o diorama sobre un sistema de producción, representando los centros de trabajo de una empresa en donde deberá establecer: Representar los diferentes elementos de un sistema productivo: mano de obra, maquinaria, materiales, métodos (distribución) medio ambiente.</li> <li>• Tipo de sistema de producción: empujar o jalar (Esbelta).</li> <li>• Distribución(es) de la línea de producción.</li> <li>• Espacios para almacenes de materiales en proceso, materias primas, producto terminado.</li> <li>• Utilizar el manejo de Kanban, indicar los espacios para contenedores y las señales utilizadas para reabastecimiento.</li> <li>• Representar la cantidad y el acomodo de los operarios en la línea de producción.</li> </ul> <p>Presentar su maqueta o diagrama ante sus compañeros de clase, compartiendo las conclusiones a las que llegaron en la elaboración de la maqueta. El alumno deberá realizar un reporte breve en donde describa el funcionamiento del sistema de producción representado en la maqueta y justifique la distribución que propusieron. El profesor dará retroalimentación del proyecto desarrollado con la finalidad de contribuir al logro de las capacidades y motivar al alumno a seguir trabajando de manera efectiva.</p>			
<p>Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:</p> <p><b>Cuestionario:</b> Conceptos de los sistemas productivos. Su clasificación. Sus ventajas y desventajas.</p>			

 			
<b>DESARROLLO DE LA PRÁCTICA O PROYECTO</b>			
Nombre de la asignatura	Ingeniería Industrial		
Nombre de la Unidad de aprendizaje	Filosofías, herramientas de calidad y mejora continua.		
Nombre de la práctica o proyecto	Sistemas Productivos		
Numero	02	Duración (horas):	16
Resultado de aprendizaje	Al completar la unidad de aprendizaje, el alumno será capaz de : Utilizar las siete herramientas de calidad y las técnicas de mejora continua para eficientar un proceso productivo.		
Material o equipo:	Cartón, papel, material para elaborar maquetas. Tabla de madera. Pegamento.		
ETAPA PREELIMINAR (registro de tiempos y cambios)			
<b>Operaciones</b>		<b>Tiempo</b>	
Realizar dos cortes a las botellas		2 minutos	
Cortar las botellas en tiras		10 minutos para cada botella	
Ensamblado de botellas		2 minutos	
Ensamblado (palo y sellos hermético)		2 minutos	

**CAUSAS:**

Las principales causas por las que se emplea tanto tiempo en el área de corte son:

- no se cuenta con las herramientas correctas.
- Las operaciones se llevan a cabo en cada una de las botellas.

PRIMERA ETAPA: SEPARAR LAS TAREAS INTERNAS Y EXTERNAS	
<b>Operaciones internas</b>	<b>Operaciones externas</b>
Cortar las botellas en tiras	Realizar dos cortes a las botellas
Ensamblar botellas	Quitar etiquetas a las botellas
	Quitar etiquetas a las botellas
	Ensamblar componentes (palo, sello)

**Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas**

Los materiales que se necesitan para elaborar este artículo son los siguientes: 3 botellas, tijeras, palo de escoba.

El procedimiento es el siguiente:

1. Quitar etiquetas a las botellas.



2. Realizar 2 cortes a las botellas (la base de abajo y la parte de arriba solo a dos de las botellas).
3. Cortar las botellas una por una en tiras.
4. Ensamblar las botellas.
5. Colocar el palo y un sello de seguridad.

Como las botellas se cortan una por una esto se lleva más tiempo, lo se podría hacer en esta etapa es, que después de realizar los cortes, tanto en la parte de arriba como en la de abajo, inmediatamente después se ensamblen las botellas, y así realizar un solo paso el corte de las tiras. Esto ayudará a reducir el tiempo de corte; para llevar a cabo esta operación es necesario una herramienta adecuada que facilite el corte.

### **Tercera etapa: perfeccionar las tareas internas y externas**

- Implementación de operaciones en paralelo:

Para que las botellas queden limpias (sin etiquetas) se necesita una sola persona.

Normalmente para el corte de botellas se necesita una persona para cada botella, es decir, se necesitan tres personas para la elaboración de una escoba; si se lleva a cabo la operación de ensamblado (de las tres botellas) antes del corte, solo se necesita una persona.

- Utilización de anclajes funcionales:

Todo esto si se hace de forma manual, pero en dado caso de que se adquiriera una máquina especializada en corte, el operario podría estar realizando otras actividades mientras la maquina termina su operación.

Todas estas etapas culminan en la elaboración de un procedimiento de cambio que pasa a formar parte de la dinámica de trabajo en mejora continua de la empresa y que opera de acuerdo al siguiente esquema iterativo de trabajo:

1. Elegir la instalación sobre la que actuar ( **en el área de corte**)
2. Crear un equipo de trabajo (operarios, jefes de sección, otros)
3. Analizar el modo actual de cambio de utillaje.(**máquina de corte**)
4. Reunión del equipo de trabajo para analizar en detalle el cambio actual
5. Reunión del equipo de trabajo para determinar mejoras en el cambio:
  - Clasificar y transformar operaciones Internas en Externas.
  - Evitar desplazamientos, esperas y búsquedas, situando todo lo necesario al lado de máquina.
  - Secuenciar adecuadamente las operaciones de cambio.
  - Facilitar útiles y herramientas que faciliten el cambio.
  - Secuenciar mejor las órdenes de producción.
  - Definir operaciones en paralelo.
  - Simplificar al máximo los ajustes
6. Definir un nuevo modo de cambio (**corte en un solo paso, llevar a cabo el corte con una maquina especial**).
7. Probar y filmar el nuevo modo de cambio
8. Afinar la definición del cambio rápido, convertir en procedimiento (**establecer los nuevos procedimientos**).
9. Extender al resto de máquinas del mismo tipo.

## V. GLOSARIO

1. **Ingeniería Industrial:** Es aquella parte de la ingeniería que debe aplicarse a todos los factores, incluyendo el factor humano, que afectan a la producción y distribución de bienes y servicios.
2. **Kanban:** Palabra japonesa para tarjeta que ha llegado a significar “señal”, mueve partes a través de la producción mediante el accionamiento de una “señal”.
3. **Liderazgo:** Es aquella persona que tiene una habilidad muy respetada por sus subordinados y forma parte de un grupo.
4. **Máquina herramienta:** Máquina accionada mecánicamente, capaz de sujetar y sostener la pieza de trabajo y la herramienta, y simultáneamente dirigir y guiar la herramienta de corte o la pieza de trabajo, o ambas, para realizar diversas operaciones de corte.
5. **Proceso:** Sujeto de proceso que se encuentra en una situación inicial conocida, se desea llevarlo hasta otra situación final distinta, también conocida, pero en el camino se interponen una serie de barreras, obstáculos o impedimentos, que deben ser franqueados mediante la realización de operaciones.
6. **Producto:** Cualquier cosa que puede ofrecerse a la atención de un mercado para su adquisición, uso o consumo y que satisfaga un deseo o una necesidad.
7. **Proyecto:** Conjunto armónico de objetivos, políticas, metas y actividades a realizar en un tiempo y espacio dados, con determinados recursos
8. **Recursos:** Son los medios que se emplean para realizar las actividades. Por lo general son seis: humanos, financieros, materiales, mobiliario y equipo, planta física y tiempo.
9. **Robot:** Es una entidad virtual o mecánica artificial. En la práctica, esto es por lo general un sistema electromecánico que, por su apariencia o sus movimientos, ofrece la sensación de tener un propósito propio. La palabra robot puede referirse tanto a mecanismos físicos como a sistemas virtuales de software.
10. **Sistema:** Conjunto de elementos dinámicamente relacionados formando una actividad para alcanzar un objetivo común.
11. **Sistema de manufactura:** Conjunto de recursos y actividades para la elaboración de un producto (forma de organizar gente y equipos para que la producción pueda llevarse a cabo con mayor eficiencia).

12. **Sujeto de proceso:** Es la entidad a la que va dirigido el propio proceso. 15

13. **Teoría General de Sistemas:** Teoría que busca explicar el comportamiento de los sistemas que son el resultado de una agregación de unidades que interactúan, generalmente consideran la existencia de retroacciones o "feedback" en el que una parte del sistema actúa por intermedio de otras variables sobre sí mismas, reaccionando y generando numerosos impactos en el sistema, así como un funcionamiento contra-intuitivo (World Future Society).

14. **Valor de costo:** Es la suma de la mano de obra, materiales y demás costes necesarios para la fabricación del producto.

15. **Valor de cambio:** Son las propiedades o cualidades que nos permiten cambiar el producto por otro producto o servicio que necesitamos.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño Benjamin Niebel 2010, Mc Graw Hill México, DF. 2010.
- [2] Introducción a la Ingeniería, Un Enfoque Industrial Omar Romero Industrial, David Muñoz Negón 2006 Thomson México, DF. 2006.
- [3] Ingeniería de Organización, modelos y aplicaciones Pablo Cortes Achedad 2008 Ediciones Díaz Santos Madrid, España 2008.
- [4] Manual del Ingeniero Industrial Maynad 2004 Mc Graw Hill México, DF 2004.
- [5] Control de calidad, Besterfield, D. H. Prentice Hall, DF, 1993.
- [6] Investigación de Operaciones, Aplicaciones y algoritmos, Winston, W. L, Grupo Editorial Iberoamérica, DF, 1994.
- [7] *Investigación de operaciones*, Taha, H. A., Pearson Educación, DF, 2004.
- [8] Ingeniería industrial, Niebel, Freivalds, Alfaomega, DF, 2001.
- [9] Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo, Roberto García Criollo, Mc Graw Hill, DF, 2005.
- [10] Métodos, estándares y diseño del trabajo, Andris Freivalds, Mc Graw Hill, DF, 2003.