

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA DE MÉTODOS I**

**SECCIÓN 1 VESPERTINA**

**ING. ANA ISABEL GARCIA PAZ**

# **PRÁCTICA PERT-CPM**

**Julio Anthony Engels Ruiz Coto 1284719**

**César Adrian Silva Pérez 1184519**

**Jose Pablo Mendoza Cabrera 2004121**

**Alejandro Maselli Hun 1111019**

**Cristopher Gilberto Guerra Segura 1580518**

**Jaqueline Vanessa Marroquín Díaz 1070218**

### PROBLEMA

Una compañía que monta espectáculos musicales acaba de firmar un contrato para un nuevo show. El productor ha identificado las siguientes tareas que necesitan hacerse antes de presentar el espectáculo

Descripción de tarea	Tiempo optimista	Tiempo probable	Tiempo pesimista
Ensayo de danza	2	4	8
Preparar cada parte	3	5	8
Instrumentar la música	2	3	5
Ensayo general	3	4	8
Contratar a los artistas	2	4	5
Diseñar la coreografía	2	3	6
Preparar el escenario	3	6	9
Ensayo final	1	2	6
Preparar el vestuario	2	5	8
Ensayo de vestuario	3	4	8

La coreografía se hace después de orquestada la música. Los ensayos de danza no pueden empezar hasta que cada parte esté preparada, se contrate a los artistas y se termine la coreografía. El escenario es diseñado y construido después del ensayo de danza. El vestuario es preparado después que se contratan los artistas. El ensayo de vestuario se hace después del ensayo de danza y cuando el vestuario esté listo. Al ensayo de vestuario le sigue el ensayo general, que también requiere el escenario. El ensayo final sigue después del ensayo general.

1. Ordene y defina la precedencia entre actividades
2. Calcule los tiempos esperados
3. Dibujar la red del proyecto y establezca el tiempo de duración del proyecto.
4. Identificar las actividades críticas.
5. Encontrar y remarcar la Ruta Crítica.

Para calcular el tiempo esperado usar la fórmula:

ta = tiempo más optimista

tb = tiempo pesimista

tm = tiempo más probable

te = tiempo estimado

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

Descripción de tarea	Tiempo optimista	Tiempo probable	Tiempo pesimista	Dependencias	Duración esperada
Preparar cada parte	3	5	8		5.17
Instrumentar la música	2	3	5		3.33
Diseñar coreografía	2	3	6	Instrumentar la música	3.5
Contratar a los artistas	2	4	5		3.83
Ensayo de danza	2	4	8	Preparar cada parte, Diseñar coreografía, Contratar a los artistas	4.83
Preparar el escenario	3	6	9	Ensayo de danza	6.17
Preparar el vestuario	2	5	8	Contratar a los artistas	5.17
Ensayo de vestuario	3	4	8	Preparar el vestuario, Ensayo de danza	4.83
Ensayo general	1	2	6	Preparar el escenario, Ensayo de danza, Ensayo de vestuario	2.67
Ensayo final	3	4	8	Ensayo general	4.83

## 1. Ordene y defina la precedencia entre actividades

1. Contratar a los artistas
2. Preparar cada parte
3. Instrumentar la música
4. Diseñar coreografía (depende de Instrumentar la música)
5. Ensayo de danza (depende de Preparar cada parte, Diseñar coreografía y Contratar a los artistas)
6. Preparar el vestuario (depende de Contratar a los artistas)
7. Ensayo de vestuario (depende de Preparar el vestuario y Ensayo de danza)

8. Preparar el escenario (depende de Ensayo de danza)
9. Ensayo general (depende de Preparar el escenario, Ensayo de danza y Ensayo de vestuario)
10. Ensayo final (depende de Ensayo general)

## 2. Calcule los tiempos esperados

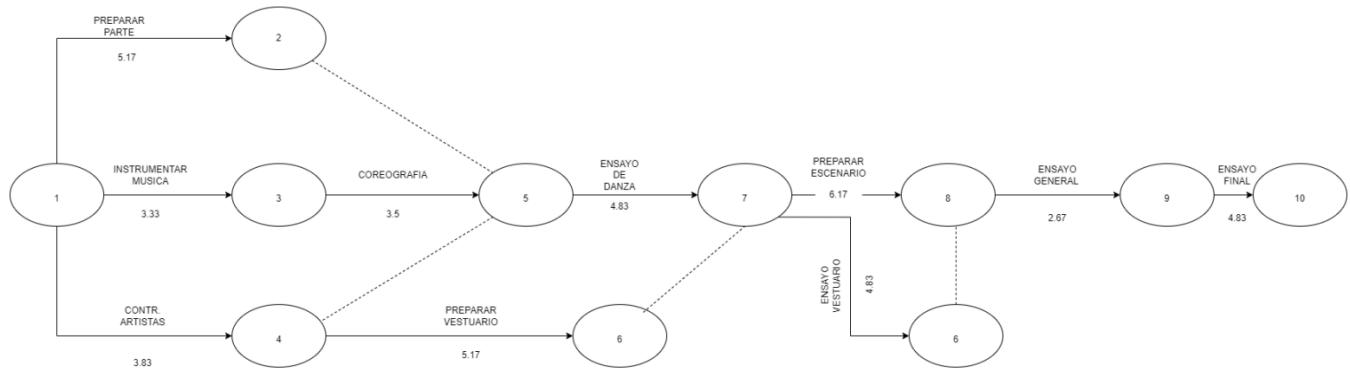
Para calcular el tiempo esperado usar la fórmula:

ta = tiempo más optimista  
 tb = tiempo pesimista  
 tm = tiempo más probable  
 te = tiempo estimado

$$t_e = \frac{t_a + 4t_m + t_b}{6}$$

Descripción de tarea	Duración esperada
Preparar cada parte	5.17
Instrumentar la música	3.33
Diseñar coreografía	3.5
Contratar a los artistas	3.83
Ensayo de danza	4.83
Preparar el escenario	6.17
Preparar el vestuario	5.17
Ensayo de vestuario	4.83
Ensayo general	2.67
Ensayo final	4.83

**3. Dibujar la red del proyecto y establezca el tiempo de duración del proyecto.**

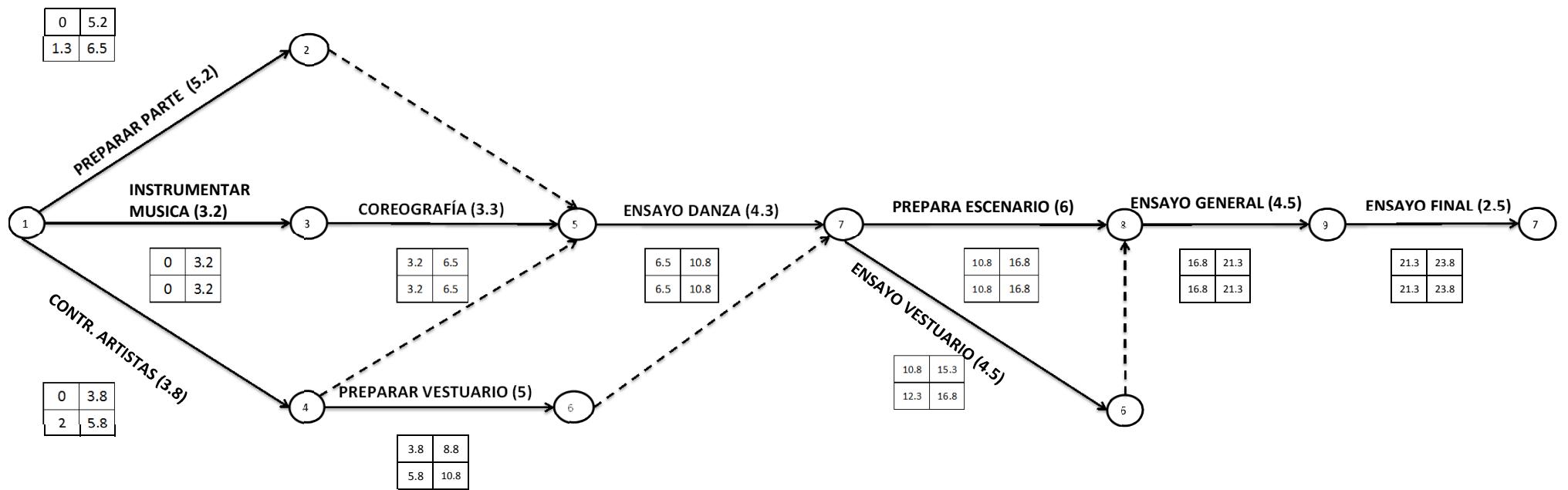


**4. Actividades Críticas**

5, 7

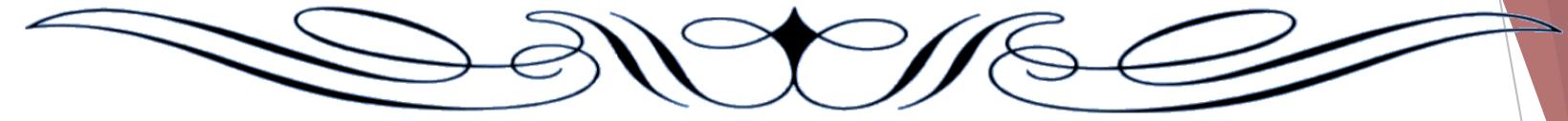
**5. Encontrar y marcar la ruta crítica**

$1, 4, 6, 7, 6, 8, 9, 10 = 37.5$



# MEDIOS GRAFICOS PARA LA PRESENTACION DE PROYECTOS

MÓDULO II



Vivo en armonía con los que me rodean.  
Me libero de la necesidad de criticar a los demás.  
Estoy abierto y receptivo a todos los puntos de vista.  
Entiendo que merezco relaciones divertidas, fáciles y  
que me apoyen; por esa razón evito imponer mi punto  
de vista.  
Hoy me visualizo siendo más abierto a los deseos y  
necesidades de otros.

# OBJETIVOS

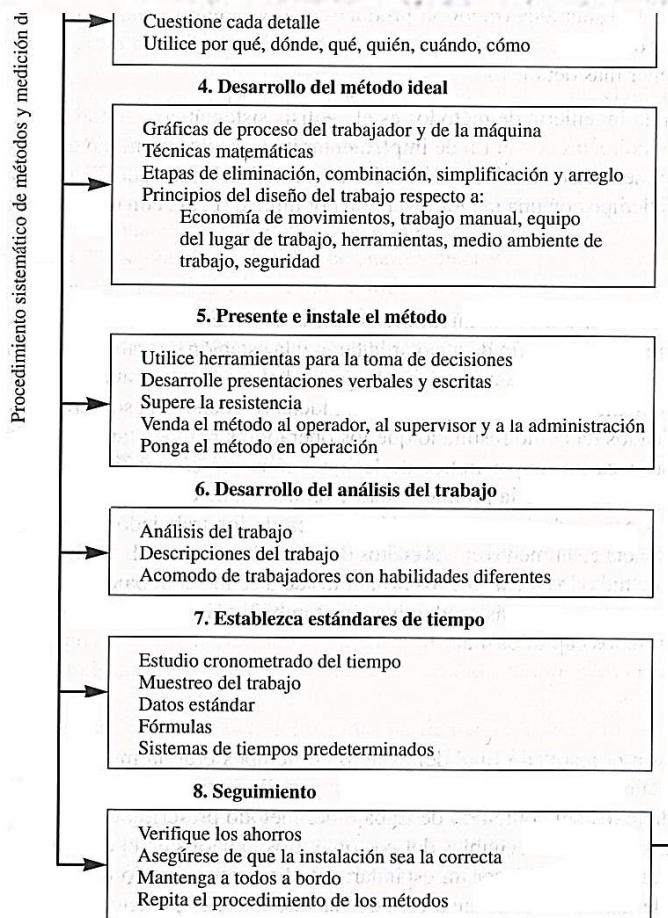
- ▶ Conocer el diagrama de Gantt y los pasos de su elaboración
- ▶ Conocer el diagrama de Pert-CPM y los pasos de su elaboración
- ▶ Planificar las tareas para la realización de un proyecto a lo largo de un tiempo total determinado
- ▶ Analizar las tareas involucradas en completar un proyecto dado e identificar el tiempo mínimo necesario para completar el proyecto.

# Un buen programa de ingeniería de métodos sigue un proceso en forma ordenada

1. Selección del proyecto
2. Obtención y presentación de datos
3. Análisis de datos
4. Desarrollo del método ideal
5. Presentación e instalación del método
6. Desarrollo del análisis del trabajo
7. Establecimiento de estándares de tiempo
8. Seguimiento

# 1. Selección del proyecto

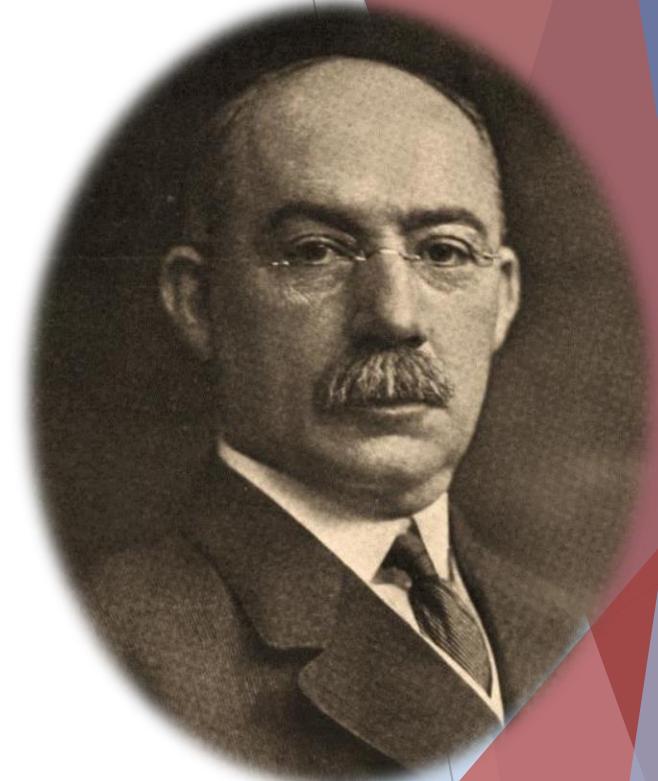
Nuevas plantas y expansión de las existentes  
Nuevos productos, nuevos métodos  
Productos de alto costo/baja ganancia  
Productos incapaces de competir  
Dificultades en la fabricación  
Operaciones con cuello de botella/herramientas exploratorias



# DIAGRAMA DE GANTT

# Diagrama de Gantt

- ▶ Surgió en la década de 1940 como respuesta a la necesidad de administrar proyectos y sistemas complejos de una mejor manera
- ▶ Fue Henry Laurence Gantt un Ingeniero mecánico y consultor administrativo norteamericano quien, entre 1910 y 1915, desarrolló y popularizó este tipo de diagrama en Occidente.
- ▶ El diagrama muestra anticipadamente de una manera simple las fechas de terminación de las diferentes actividades del proyecto en forma de barras graficadas con respecto al tiempo en el eje horizontal



# Pasos para realizar un diagrama Gantt

1. **Reunir la información necesaria acerca de todos los pasos o procesos que están incluidos dentro del proyecto.** Conocer a fondo el proyecto ayuda a desglosar sus partes en detalle
2. **Crear las líneas de tiempo.** Determinar la duración de cada paso o proceso del proyecto. Dibuje distintas duraciones para las barras individuales que representan cada fase o proceso.
3. **Dibujar todas las barras en el gráfico.** El diagrama de Gantt reúne todas las piezas que están asociadas a una fecha de finalización fija. Estableciendo una duración más larga, la línea de tiempo para procesos más cortos se vuelve más clara para aquellos que observen el diagrama.
4. **Evaluar la dependencia o las relaciones entre las fases y los procesos.**  
Observando el diagrama de Gantt se ve con mayor claridad qué partes del proyecto dependen de otras.
5. **Implementa el diagrama de Gantt en un programa informático.** La herramienta Excel puede ser un lugar excelente para diseñar un diagrama de Gantt. Existen programas mas avanzados como Project que mejoran notablemente el concepto básico de un Gantt

# Diagrama de Gantt

Tarea	Plazo	Semanas												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Investigación de mercados complementaria	2 semanas		■											
Constitución de la empresa	3 semanas		■	■	■									
Ejecución de las Inversiones	4 semanas				■	■	■	■			■	■		
Construcción de la infraestructura	6 semanas					■	■	■	■	■	■			
Montaje de maquinas y muebles	2 semanas										■	■		
Reclutamiento y selección de personal	3 semanas						■	■	■					
Inducción y capacitación de personal	2 semanas										■	■		
Preparación de campaña de lanzamiento	2 semanas									■	■			
Organización administrativa	4 semanas							■	■	■	■			
Inicio de operaciones	1 semana											■		

# DIAGRAMA PERT Y CPM

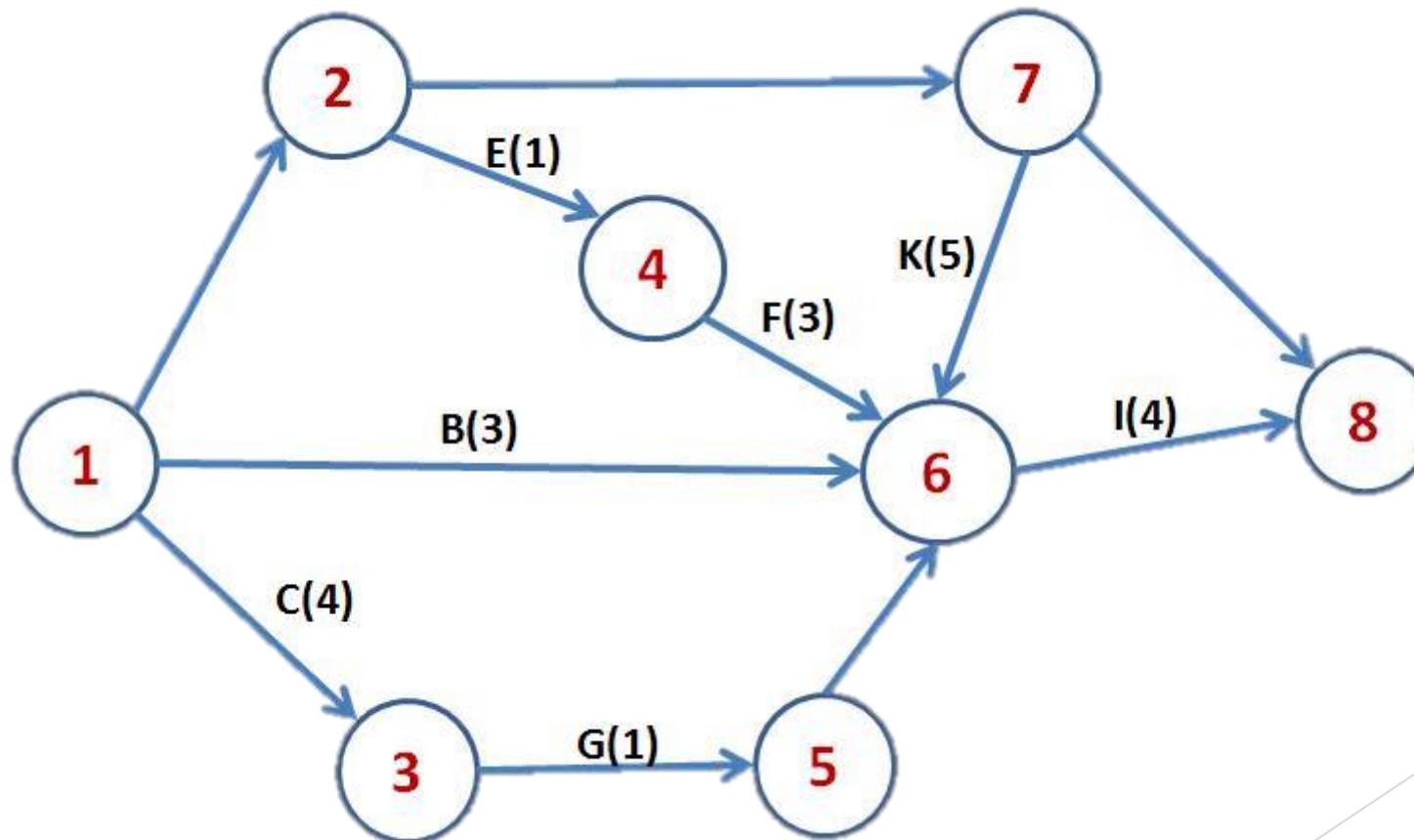
# Diagrama PERT

- ▶ El término PERT corresponde a las siglas del inglés, **Project Evaluation and Review Techniques**: Técnicas de Revisión y Evaluación de Proyectos, es un modelo para la administración y gestión de proyectos inventado en 1957 por la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina de Guerra del Departamento de Defensa de EE. UU.
- ▶ El diagrama PERT es un método para analizar las tareas involucradas en completar un proyecto dado, especialmente el tiempo para completar cada tarea, e identificar el tiempo mínimo necesario para completar el proyecto total.
- ▶ Las redes PERT trabajan con tiempos probabilísticos. Normalmente para desarrollar un proyecto específico lo primero que se hace es determinar, en una reunión multidisciplinaria, cuáles son las actividades que se deberá ejecutar para llevar a feliz término el proyecto, cuál es la precedencia entre ellas y cuál será la duración esperada de cada una.
- ▶ Para definir la precedencia entre actividades se requiere de una cierta cuota de experiencia profesional en el área, en proyectos afines.

# Reglas para crear un PERT

- ▶ Sólo puede haber un nodo inicial y un nodo final. O sea, sólo puede haber un nodo al que no llegue ninguna flecha (nodo inicial) y sólo puede haber un nodo del que no salga ninguna flecha (nodo final).
- ▶ La numeración de los nodos es arbitraria, si bien se reserva el número menor (generalmente el 0 o el 1) para el nodo inicial y el mayor para el nodo final.
- ▶ Las flechas representan tareas y se dibujan de manera que representen las relaciones de dependencia entre las tareas. Los recorridos posibles a través del diagrama desde el nodo inicial al nodo final, siguiendo el sentido de las flechas, deben corresponder con las secuencias en que deben realizarse las distintas tareas, o sea, los caminos del proyecto.

# Diagrama PERT



# CPM

- ▶ CPM (**Critical Path Method**) es conocido como el método de la ruta crítica o del camino crítico y es un algoritmo utilizado para el cálculo de tiempos y plazos en la planificación de proyectos.
- ▶ Este sistema de cálculo fue desarrollado en 1957 en USA, por un centro de investigación para las firmas Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización de los costos mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto.
- ▶ En administración y gestión de proyectos, una ruta crítica es la secuencia de los elementos terminales de la red de proyectos con la mayor duración entre ellos, determinando el tiempo más corto en el que es posible completar el proyecto.
- ▶ La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto entero. Cualquier retraso en un elemento de la ruta crítica afecta a la fecha de término planeada del proyecto, y se dice que no hay holgura en la ruta crítica.

# VIDEOS SUGERIDOS:

1. QUE ES UN DIAGRAMA DE PERT

[https://www.youtube.com/watch?annotation\\_id=bbaf5ab9-94ac-419f-9af1-7b40fc611521&feature=cards&src\\_vid=yRjEgvT6ls4&v=UjZbzW6Tu\\_8](https://www.youtube.com/watch?annotation_id=bbaf5ab9-94ac-419f-9af1-7b40fc611521&feature=cards&src_vid=yRjEgvT6ls4&v=UjZbzW6Tu_8)

2. EJEMPLO PASO A PASO DEL DIAGRAMA DE PERT

<https://www.youtube.com/watch?v=yRjEgvT6ls4>

3. HACER FACILMENTE UNA RED PERT - MÉTODO PERT

<https://www.youtube.com/watch?v=8iBW3nejTKM>

4. TRAZA LA RUTA CRITICA DE UNA RED PERT FACILMENTE - METODO CPM

<https://www.youtube.com/watch?v=0BhDUk-zW1c>

# PREPÁRENSE BIEN PARA SU EXÁMEN PARCIAL

## ORGANÍZATE

- Lee TODOS los días
- Practica la lectura comprensiva
- Sintetiza la información en cuadros, esquemas
- Relaciona los textos encontrando puntos en común o diferencias



# MEDIOS GRÁFICOS PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

MÓDULO III



Hoy me siento en el mismo canal que mis  
compañeros y mi catedrático.

Integro fácilmente los conceptos y aprendo en clase  
y en los libros.

Cuando se presenten pruebas me sentiré tranquilo y  
en completo dominio de mis capacidades intelectuales.

“Voy a hacerlo, quiero hacerlo, puedo hacerlo” es el  
principio de la Ley de Atracción, que no es otra cosa  
que actuar como un imán que recibe la inspiración  
para conseguir las cosas.

# OBJETIVOS

- ▶ Visualizar en el programa de ingeniería de métodos el paso Obtención y Presentación de datos
- ▶ Conocer el diagrama DOP, su función, partes, símbolos y los pasos de su elaboración
- ▶ Conocer el diagrama DFOP, su función, partes, símbolos y los pasos de su elaboración
- ▶ Conocer el diagrama de recorrido de actividades, su función , su relación con el DFOP y los pasos de su elaboración

Un buen programa de ingeniería de métodos sigue un proceso en forma ordenada

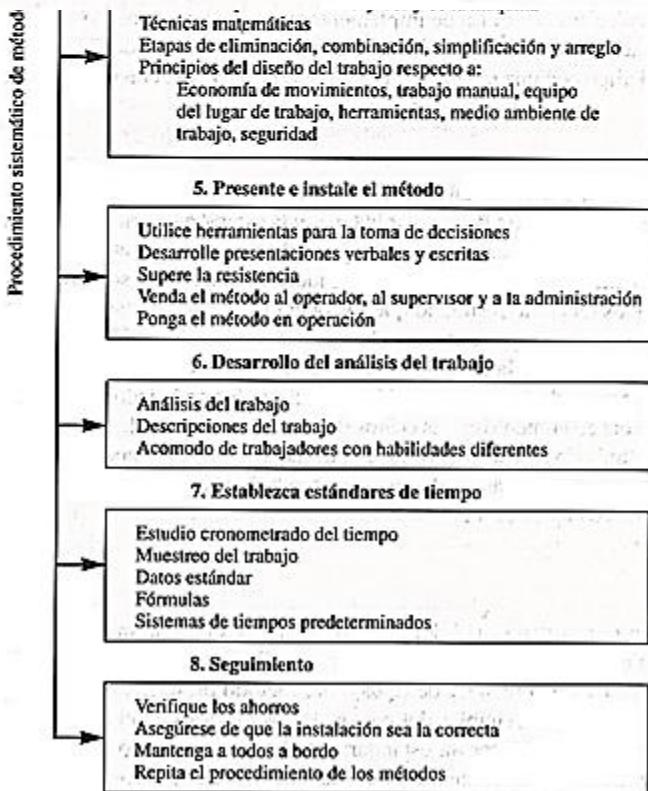
1. Selección del proyecto
2. Obtención y presentación de datos
3. Análisis de datos
4. Desarrollo del método ideal
5. Presentación e instalación del método
6. Desarrollo del análisis del trabajo
7. Establecimiento de estándares de tiempo
8. Seguimiento

## 1. Selección del proyecto

- Nuevas plantas y expansión de las existentes
- Nuevos productos, nuevos métodos
- Productos de alto costo/baja ganancia

## 2. Obtención y presentación de datos

- Obtención de las necesidades de producción
- Obtención de los datos de ingeniería
- Obtención de los datos de fabricación y costos
- Desarrollo de la descripción y bosquejos de la estación de trabajo y herramientas
- Construcción de gráficas de operación de los procesos
- Construcción de diagramas de flujo de procesos de cada uno de los artículos



# HERRAMIENTAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO -  
DOP-**

# DIAGRAMA DOP

- ▶ Muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura o de negocios
- ▶ Abarca desde la llegada de la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado.
- ▶ La gráfica muestra la entrada de todos los componentes y subensambles al ensamble principal.
- ▶ Muestra detalles de diseño como partes, tolerancias y especificaciones.
- ▶ El diagrama DOP utiliza únicamente dos símbolos

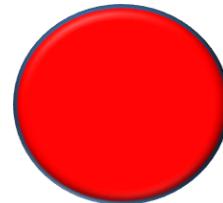
# Objetivo del DOP

- ▶ Conseguir una imagen a “vista de pájaro” de la fabricación de un producto
- ▶ Estudiar las operaciones e inspecciones en relación una con otras dentro de un proceso y también entre procesos.
- ▶ Simplificar y normalizar el producto y el diseño de sus componentes para lograr una fabricación más económica.
- ▶ Para la toma de decisiones, en la aplicación de un nuevo procedimiento, efectuar algunos cambios y modificar el número de operaciones.

# SÍMBOLOS

# SÍMBOLO DE OPERACIÓN

- ▶ La operación es representada por un pequeño círculo
- ▶ Una operación se lleva acabo cuando una parte bajo estudio:
  - Se transforma intencionalmente en sus características físicas o químicas
  - Cuando es montado o desmontado
  - Cuando se estudia o planea antes que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte



# SÍMBOLO DE INSPECCIÓN

- ▶ La inspección es representada por un pequeño cuadrado
- ▶ Una inspección se lleva acabo cuando una parte bajo estudio:
  - Es examinada para su identificación
  - Es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar
  - Es verificado en su calidad, cantidad o alguna de sus características físicas



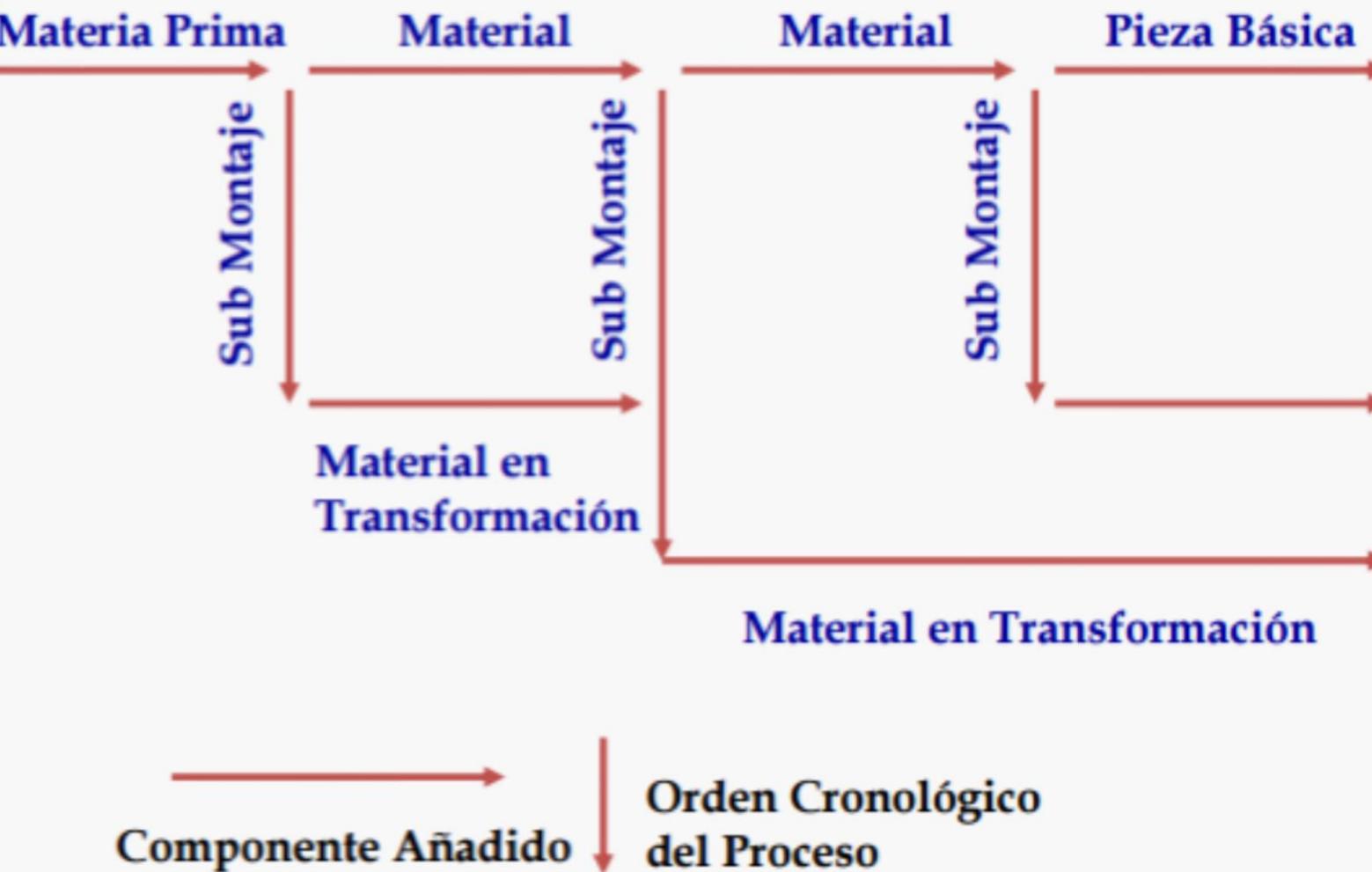
# ESTRUCTURA DEL DIAGRAMA

El diagrama debe presentar tres partes:

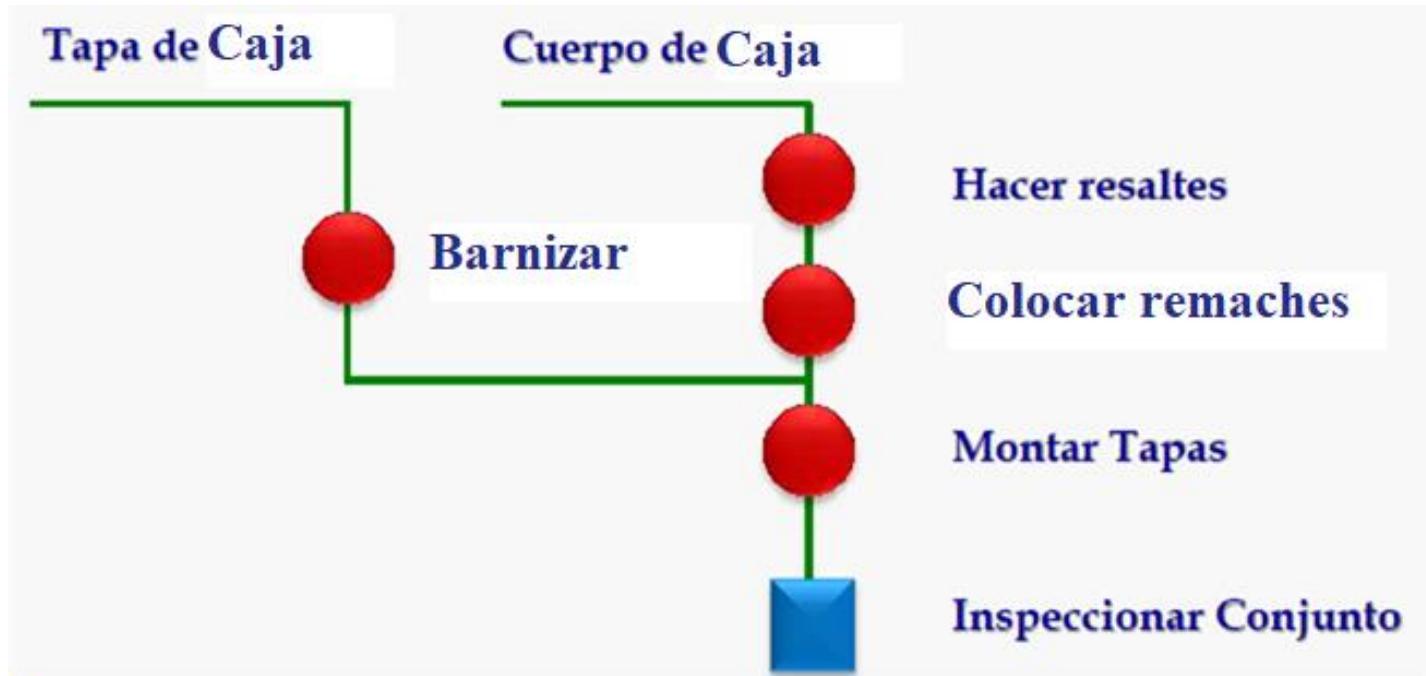
- 1. UN TÍTULO** Colocado en la cabecera de la gráfica , que detallará lo que se procesa
- 2. UN CUERPO** donde se representa el punto en el que comienza el proceso y lo detalla hasta su finalización
- 3. UN RESUMEN** El cual detalla la cantidad de operaciones e inspecciones y símbolos combinados registrados en el proceso al final de la hoja

# CONSTRUCCION DE UN DOP

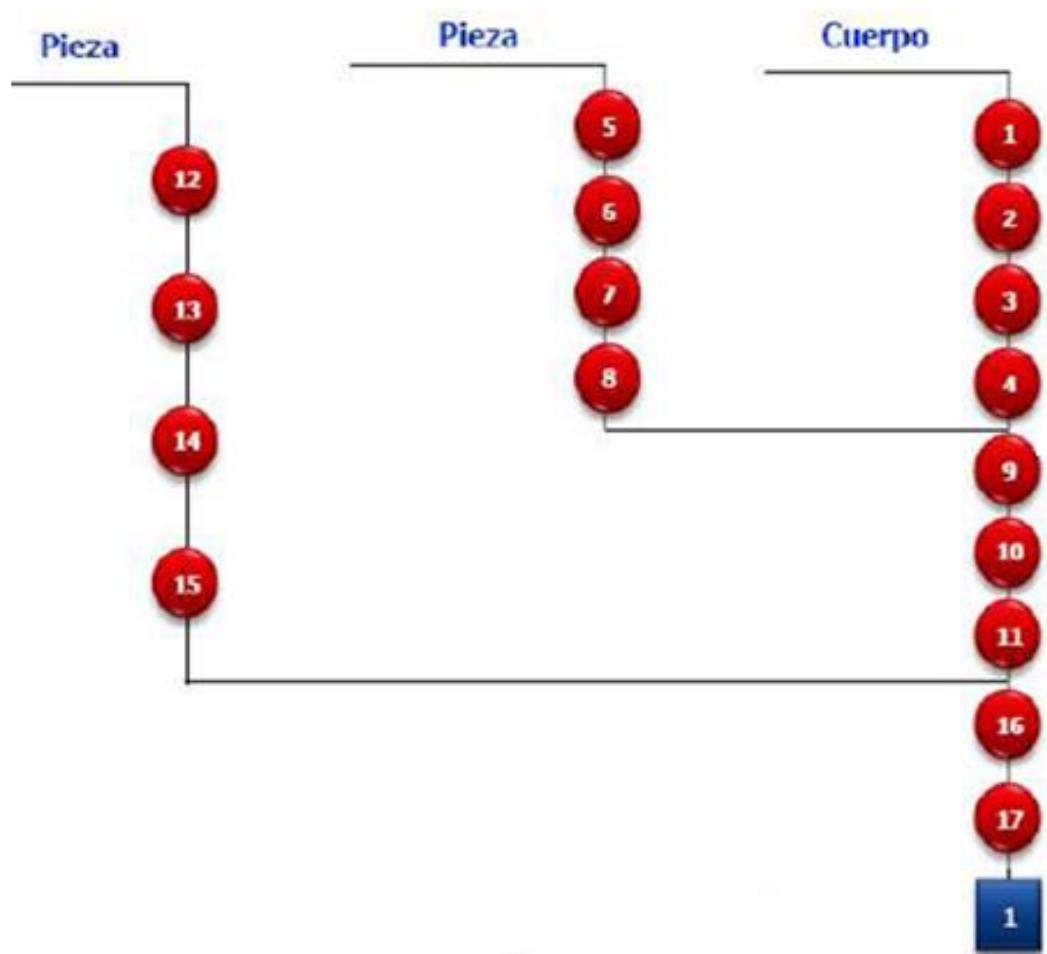
- ▶ Identificar el diagrama por medio de un título, e información adicional como el número de parte, número de plano, descripción del proceso, método actual o propuesto, fecha y nombre de la persona que elaboró la gráfica, la planta, el edificio y el departamento.
- ▶ Las líneas verticales indican el flujo general del proceso a medida que se realiza el trabajo.
- ▶ Las líneas horizontales que alimentan a las verticales indican materiales, comprados o elaborados durante el proceso.
- ▶ Las partes se muestran ingresando a una línea vertical para ensamblado o abandonando una línea vertical para desensamblado



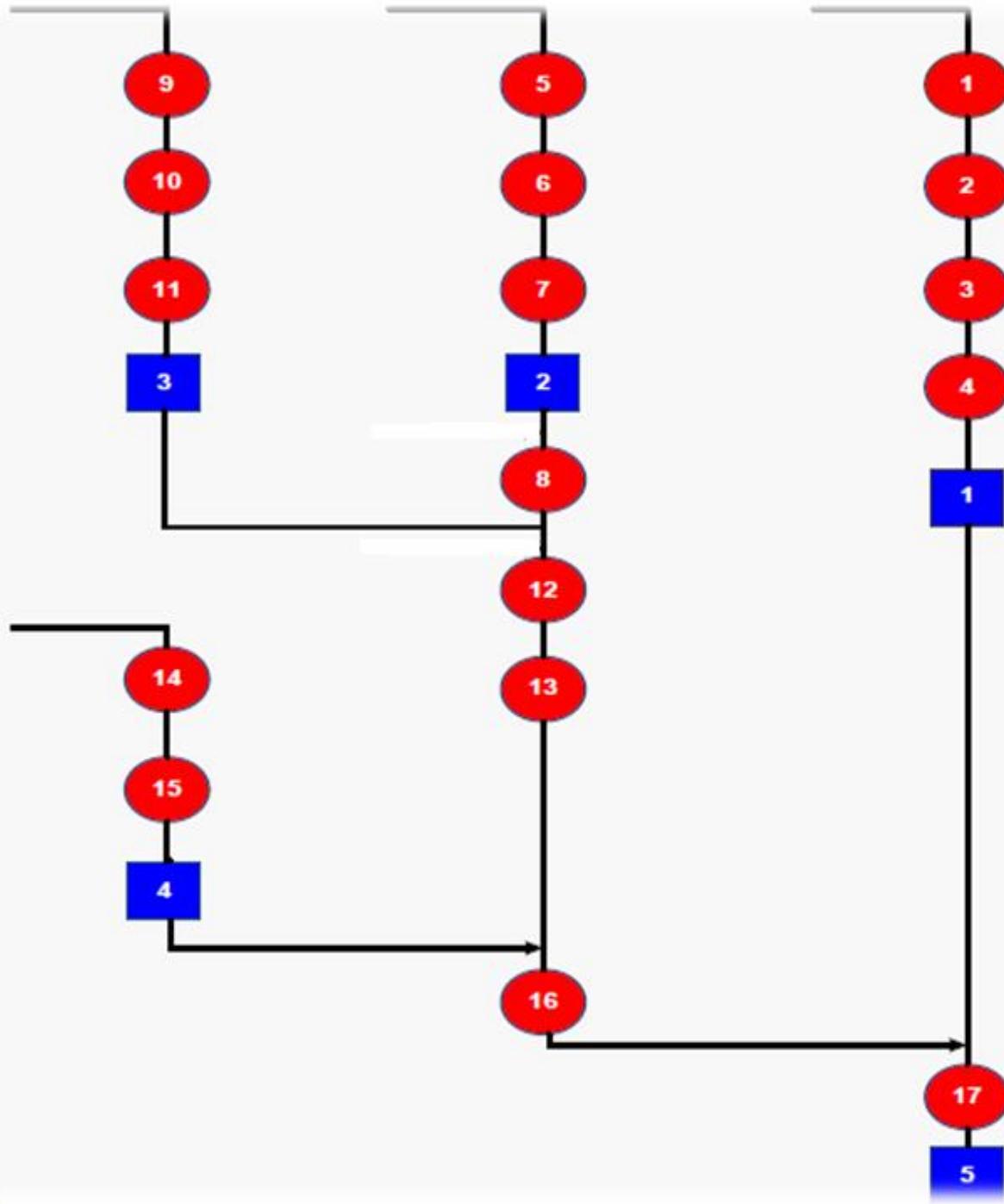
- ▶ Para seguir un orden en todos los procesos, escogeremos la pieza o material mayor para ir montando sobre este a los restantes colocándolo a la derecha del diagrama.
- ▶ A la derecha de cada símbolo se coloca una breve descripción de la actividad.



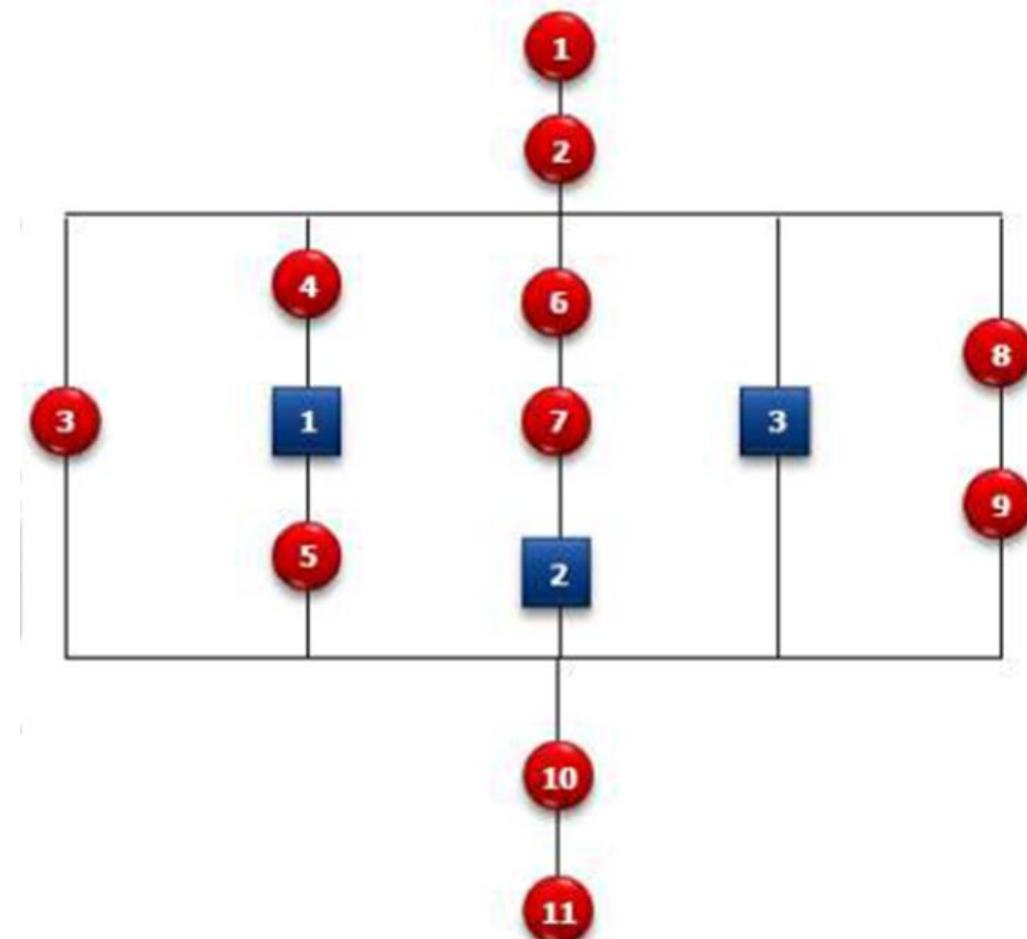
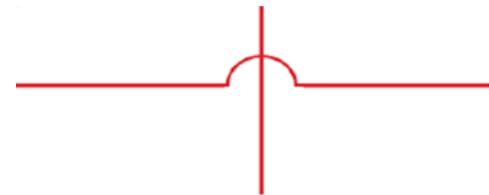
- ▶ Las operaciones o inspecciones se numeran para identificarlas. Cada símbolo lleva numeración independiente.
- ▶ Se comienza numerando en la actividad principal hasta que se llega a un nudo
- ▶ Con las inspecciones se procede igual



Operaciones e inspecciones tienen una numeración separada

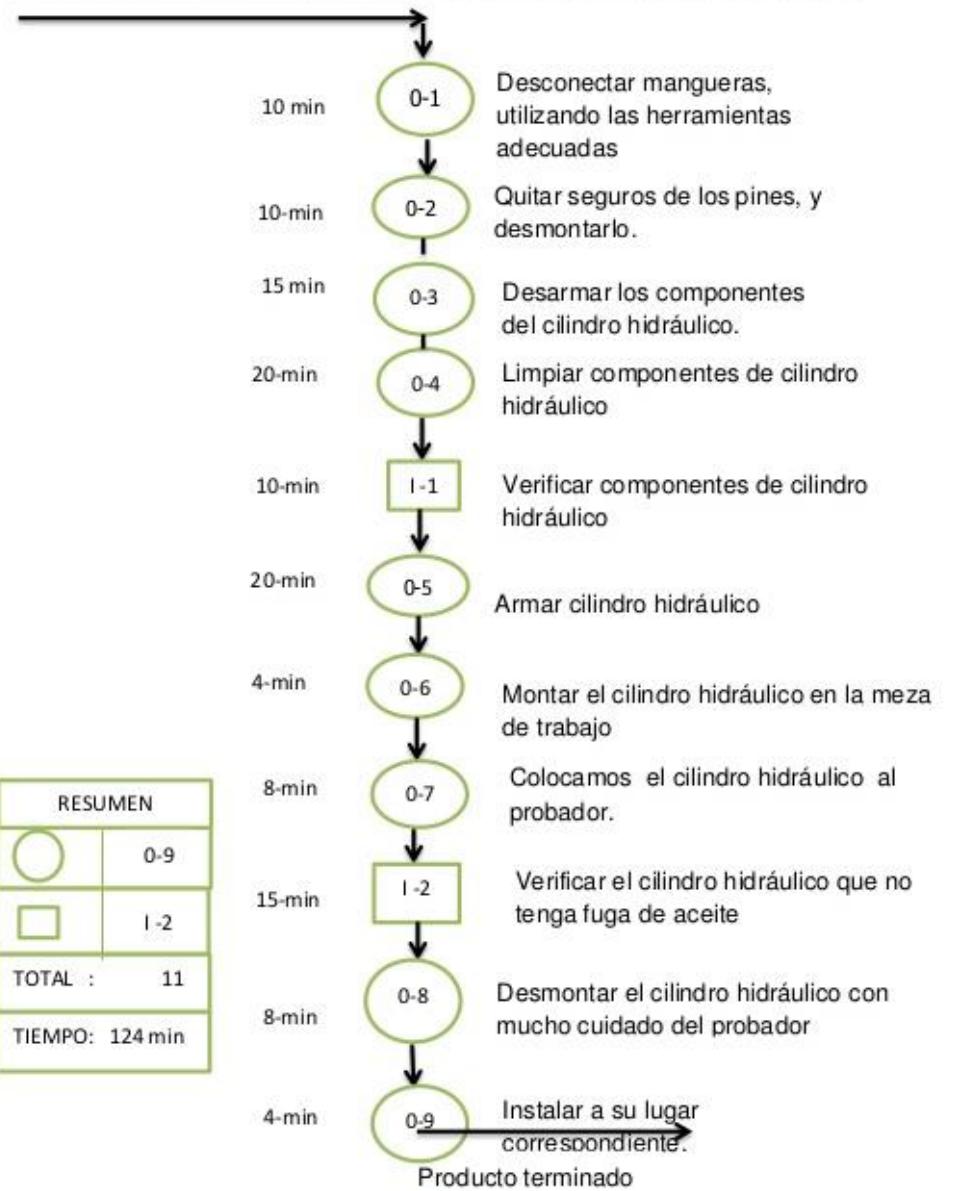


- ▶ La representación en el caso de que una pieza pueda seguir procesos alternativos se hará mediante un trazado horizontal, con tantas ramas verticales como procesos alternativos se puedan dar.
- ▶ Al presentar el diagrama se recomienda que estas líneas no se crucen. La convención para representar líneas que se conectan es:



### 8.3. DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO (DOP)-MÉTODO MEJORADO.

PROCESO: Mantenimiento de cilindro hidráulico de tractor forestal



# HERRAMIENTAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

-DFOP-

# DIAGRAMA DFOP

- ▶ Es una representación grafica del trabajo realizado en un producto a medida que pasa por las etapas del proceso.
- ▶ No se adapta a la descripción de ensambles complicados sino a un componente, ensamble o sistema.
- ▶ Es muy útil para encontrar los costos ocultos no productivos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales.
- ▶ Además de registrar operaciones e inspecciones registran retrasos de movimientos y de almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta por lo que se necesitan símbolos adicionales

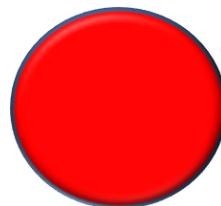
# Objetivo del DFOP

- ▶ Mostrar el manipuleo de los materiales y las demoras en el proceso
- ▶ Encontrar costos ocultos.
- ▶ Los diagramas DFOP pueden utilizarse para comparar métodos alternativos o diseñar un método propuesto como mejora del método actual

# SÍMBOLOS

# SÍMBOLO DE OPERACIÓN

- ▶ Tiene lugar cuando se modifican intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto o se monta o desmonta a partir de otro objeto o se dispone o prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenamiento.
- ▶ También hay operación cuando se ejecuta una actividad cerebral por el operario, calculando algún punto de trabajo o cuando se dan o reciben informes.



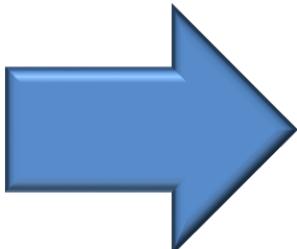
# SÍMBOLO DE INSPECCIÓN

- ▶ Una inspección se lleva acabo cuando una parte bajo estudio es examinada para su identificación
- ▶ Es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar, su calidad, cantidad o alguna de sus características físicas



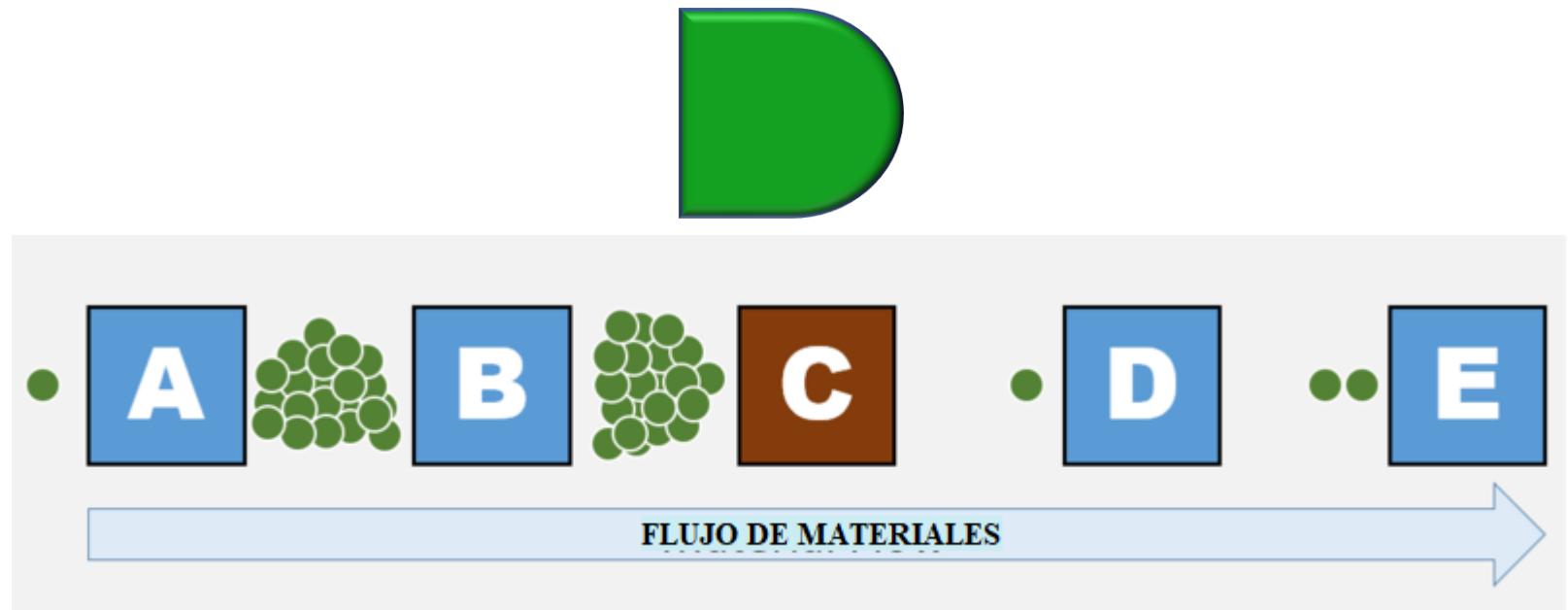
# SÍMBOLO DE TRANSPORTE

- ▶ Se efectúa cuando se traslada un objeto o cuando una persona se va de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento forma parte de la operación o es causado por el operador en la estación de trabajo.
- ▶ Se considera transporte cuando el objetivo que se estudia es trasladado a otro lugar o el operario realiza un desplazamiento superior a un metro



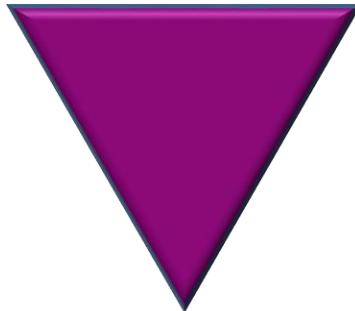
# SÍMBOLO DEMORA

- ▶ Llamado también ESPERA, se produce cuando un objeto o persona espera la acción planeada siguiente, o
- ▶ Cuando la parte no puede ser procesada inmediatamente en la próxima estación de trabajo

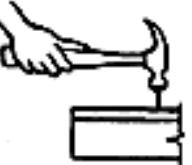
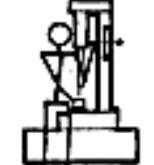


# SÍMBOLO ALMACENAMIENTO

- ▶ El almacenamiento o almacenaje, tiene lugar cuando un objeto se guarda o protege contra el retiro o salida sin autorización.



# EJEMPLO DE ACTIVIDADES Y EL USO ADECUADO DEL SÍMBOLO

<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

- ▶ Con frecuencia sucede que en el proceso que sufren unas piezas se ejercite sobre ellas una actividad combinada.
- ▶ Se puede representar mediante una figura inscrita dentro de la otra. Por acuerdo, **el símbolo que es contenido es el último que se realiza**

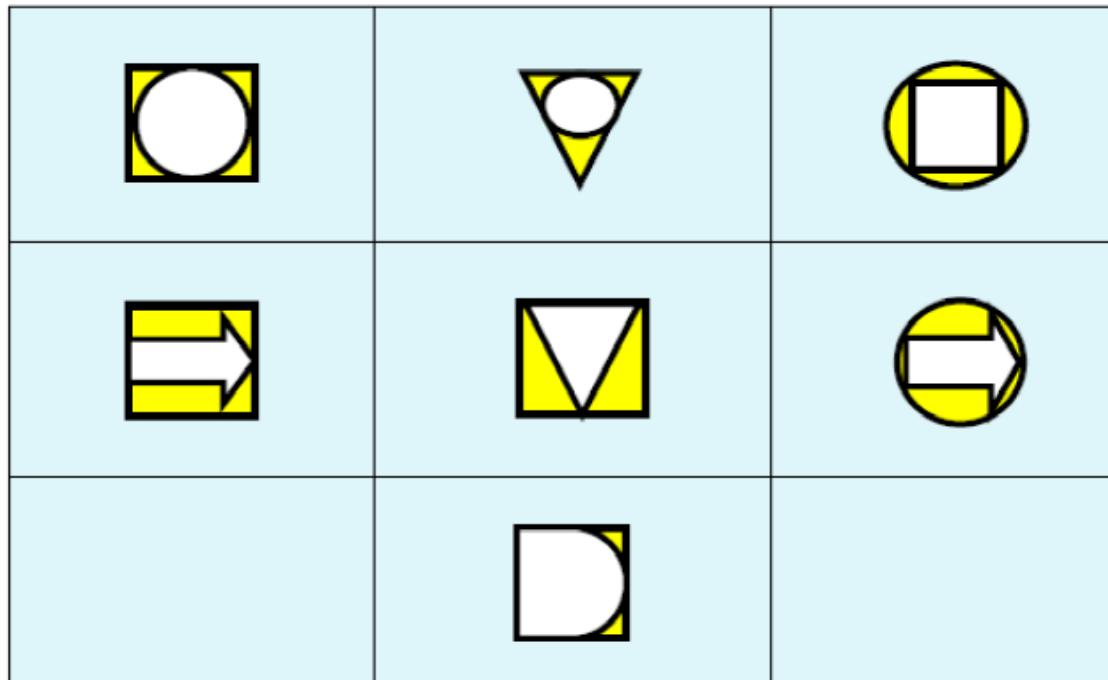
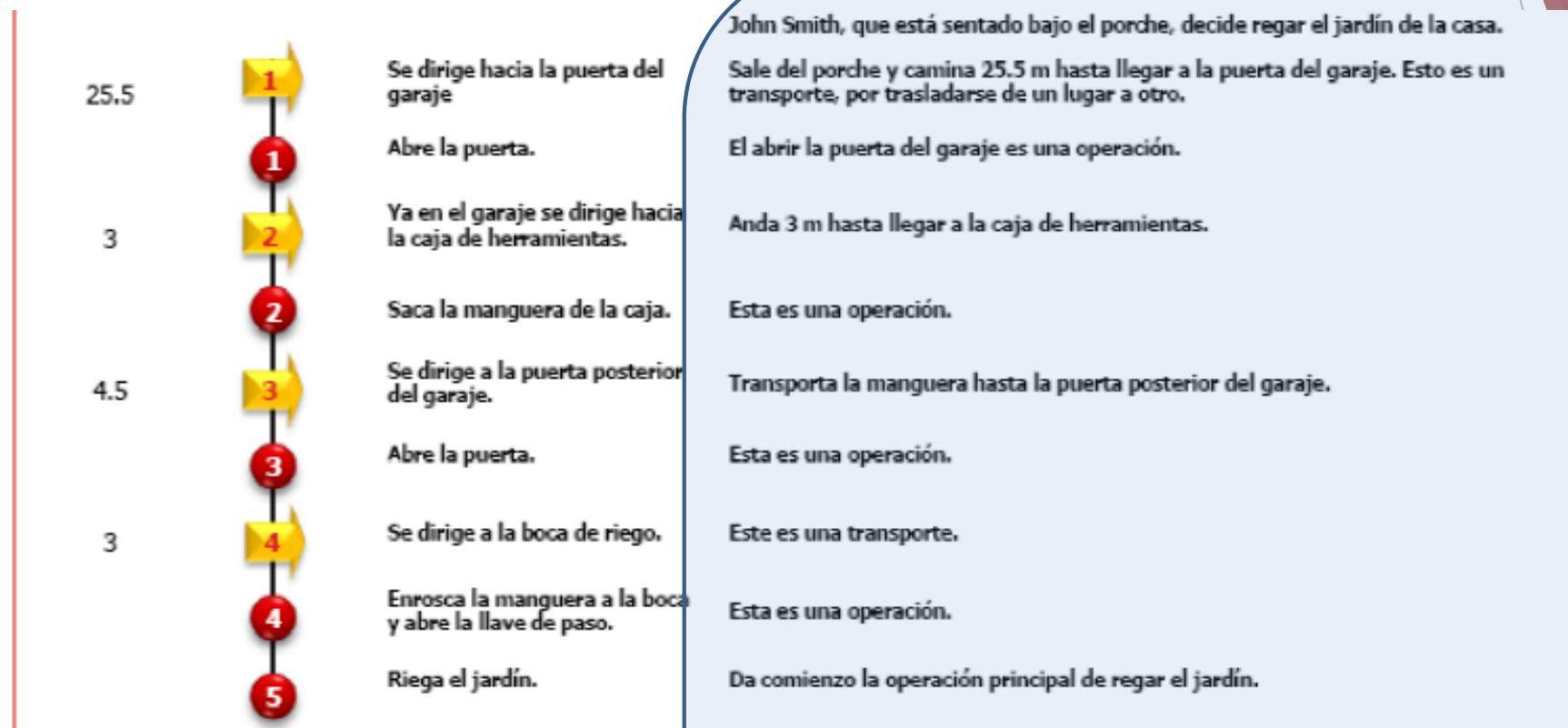


DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO		Empresa	
PROCESO: RIEGO DE UN JARDÍN		Fecha	
MÉTODO	Actual	Propuesto	Analista



Número de operaciones	5
Número de transportes	4
Distancia total recorrido en m.	36

\* Esta explicación se ha incluido para hacer comprender mejor el uso de los símbolos al preparar el cuadro; por tanto, no forma realmente parte del mismo.

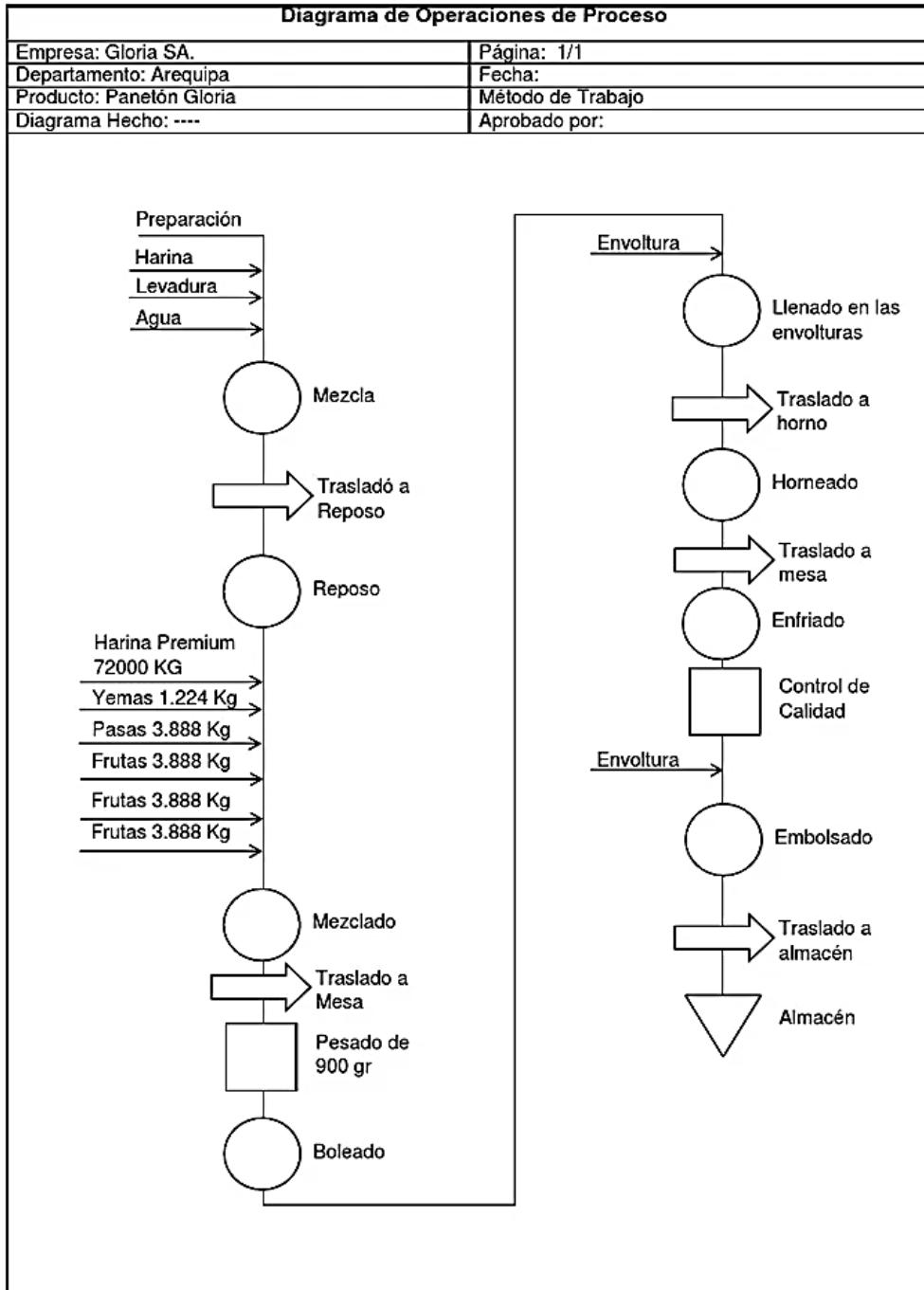


DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO						
PROCESO: SUB ENSAMBLE DE WATER DISPENSER						
MÉTODO:	<input checked="" type="checkbox"/> Actual	<input type="checkbox"/> Propuesto				
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tipo de desperdicio
1)Desplazarse hacia zona de tapa tanque y regresar	○	➡	□ D ▽			Movimiento.
2)Coger tapa tanque y ponerlo en mesa de trabajo	○	➡	□ D ▽			Traslado.
3)Insertar tapa de tapa de tanque a la tapa de tanque	●	➡	□ D ▽			
4)Girar tapa tanque armado	●	➡	□ D ▽			
5)Coger sello de tapa tanque de caja (abajo)	○	➡	□ D ▽			Transporte
6)Insertar sello en tapa de tanque	●	➡	□ D ▽			
7)Limpiar sello insertado en la tapa tanque	●	➡	□ D ▽			Sobreproceso
8)Ir hacia zona de tanque y regresar	○	➡	□ D ▽			Movimiento
9)Coger tanque y retirarlo de la bolsa	●	➡	□ D ▽			
10)Insertar tanque en tapa tanque	●	➡	□ D ▽			
11)Coger y colocar jebe y caño	●	➡	□ D ▽			
12)Trasladarse a colocar tanque armado en caja	○	➡	□ D ▽			Transporte
13)Colocar tanque armado a caja	●	➡	□ D ▽			
14)Espera	○	➡	□ D ▽	●	▽	Espera
RESUMEN	Cantidad	7	5	0	1	0
	Tiempo Total (s)	40	25		2	67
	Tiempo AV (s)	35				35
	Tiempo NV (s)	5	25		2	32
						Diagramado por: Juan Neyra Fecha: 20 / 01 / 14 Hoja 1 de 1

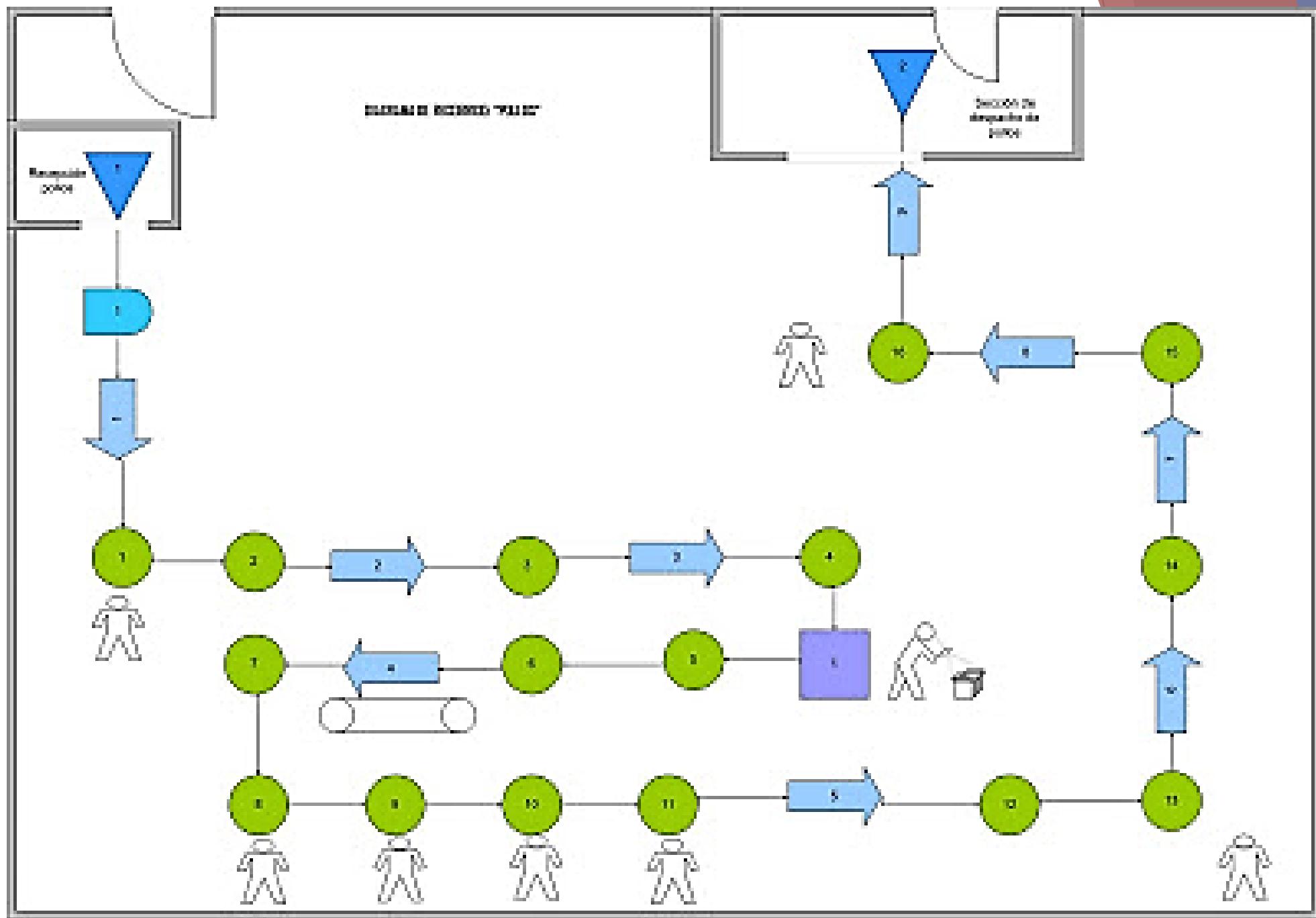
# HERRAMIENTAS DE REGISTRO Y ANÁLISIS

## DIAGRAMA DE RECORRIDO

# DIAGRAMA DE RECORRIDO

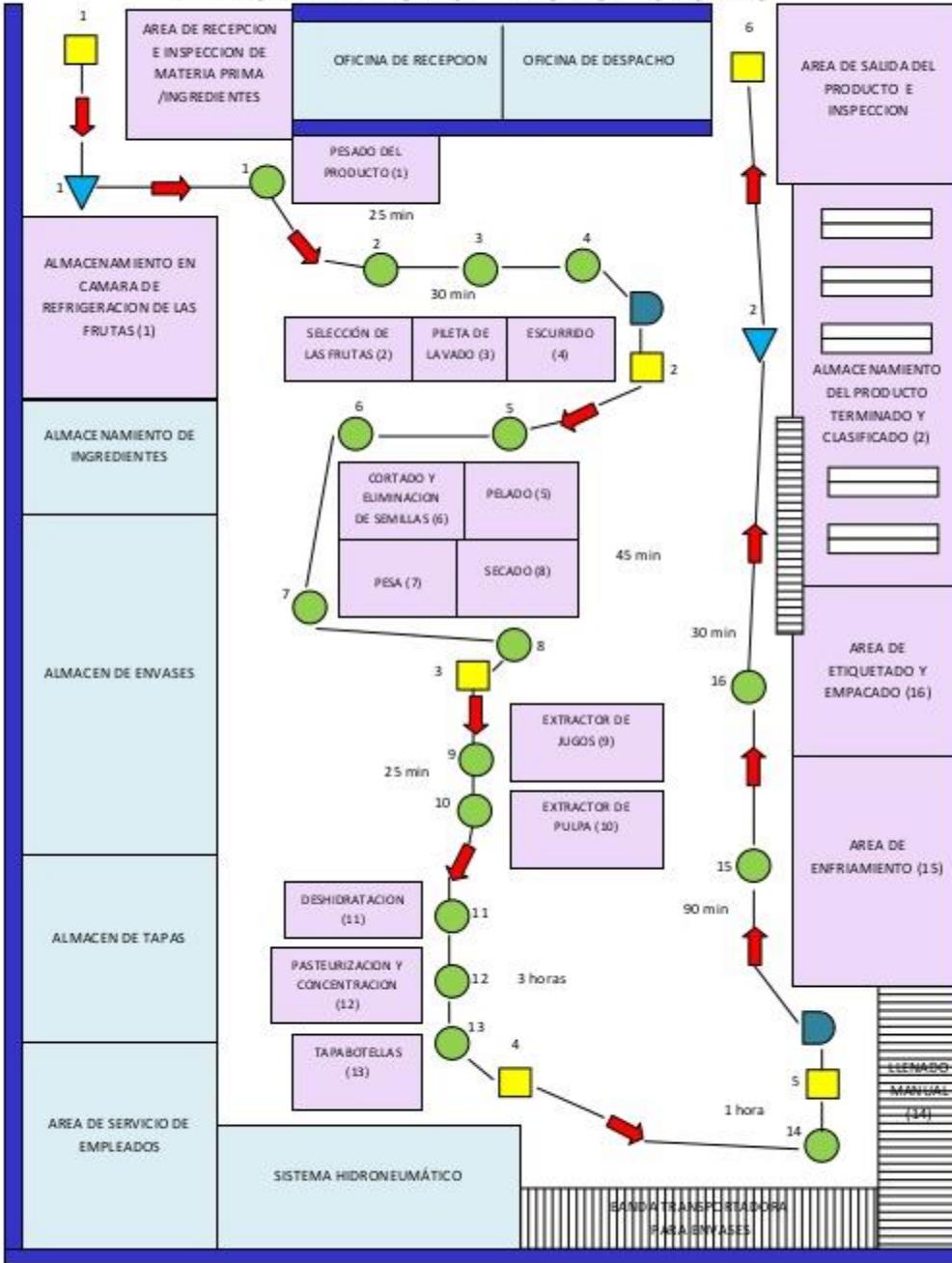
- ▶ Es una representación directa, objetiva o topográfica de la distribución de zonas y edificios en la que se indica la localización de todas las actividades registradas en el diagrama de flujo del proceso.
- ▶ Es un complemento valioso para el DFOP
- ▶ Al trazarse el recorrido inverso se encuentran las áreas de posible congestionamiento de transito y facilita lograr una mejor distribución de la planta.
- ▶ Se puede realizar el método actual y el propuesto para mejorar procesos

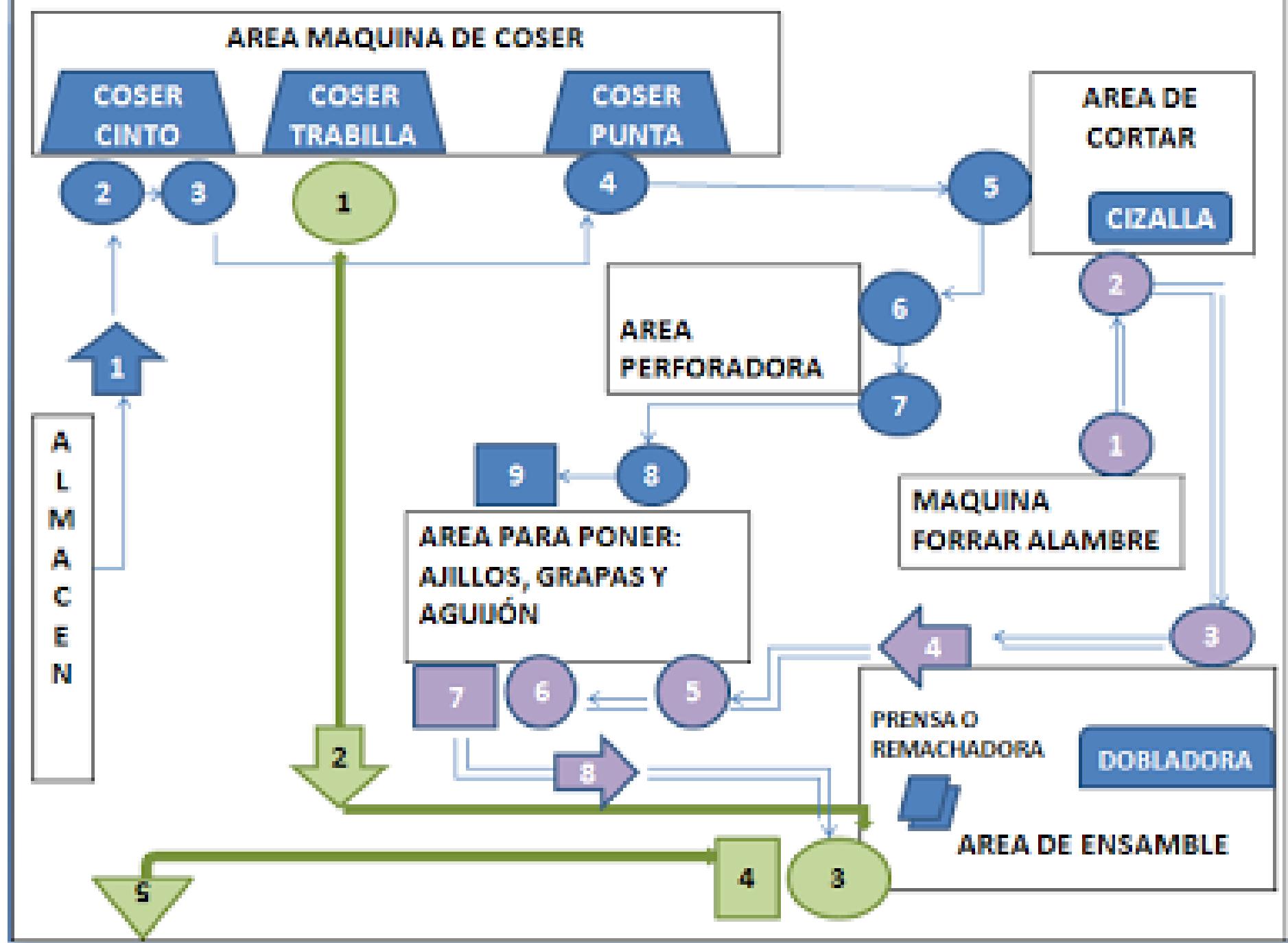
- ▶ La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo.
- ▶ Se pueden usar colores diferentes para indicar líneas de flujo en mas de una parte
- ▶ En este diagrama se pueden hacer dos tipos de análisis:
  - El primero, de seguimiento al hombre, donde se analizan los movimientos y las actividades de la persona que efectúa la operación.
  - El segundo, de seguimiento a la pieza, el cual analiza las mecanizaciones, los movimientos y las transformaciones que sufre la materia prima.



## DIAGRAMA DE RECORRIDO

# FABRICA DE ENVASADO DE FRUTAS TROPICALES





**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



### EJEMPLO DE APLICACIÓN DOP, DFOP, DR

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

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

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

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

Mientras se están trabajando las mangas y el cuello, se procede a trabajar la parte delantera de la camisa (delantera) y la parte de atrás (espalda), se une manualmente la delantera con la espalda por los hombros en 4.15 minutos, luego se procede a pegar manualmente el cuello de la playera en 1.45 minutos, una vez pegado el cuello se realiza la verificación de la unión, posterior a esto se pega la etiqueta de la playera en la unión del cuello con la espalda en 1.85 minutos, se procede a verificar la unión, después se unen manualmente las

mangas al cuerpo de la playera en 5.20 minutos, se une parte delantera con la espalda por los laterales en 5.80 minutos, luego se verifica la unión, por último, se dobla la orilla del faldón de la playera en 1.10 minutos, se cose el doblez en 5.00 minutos y se verifica la playera terminada.

Fuente:

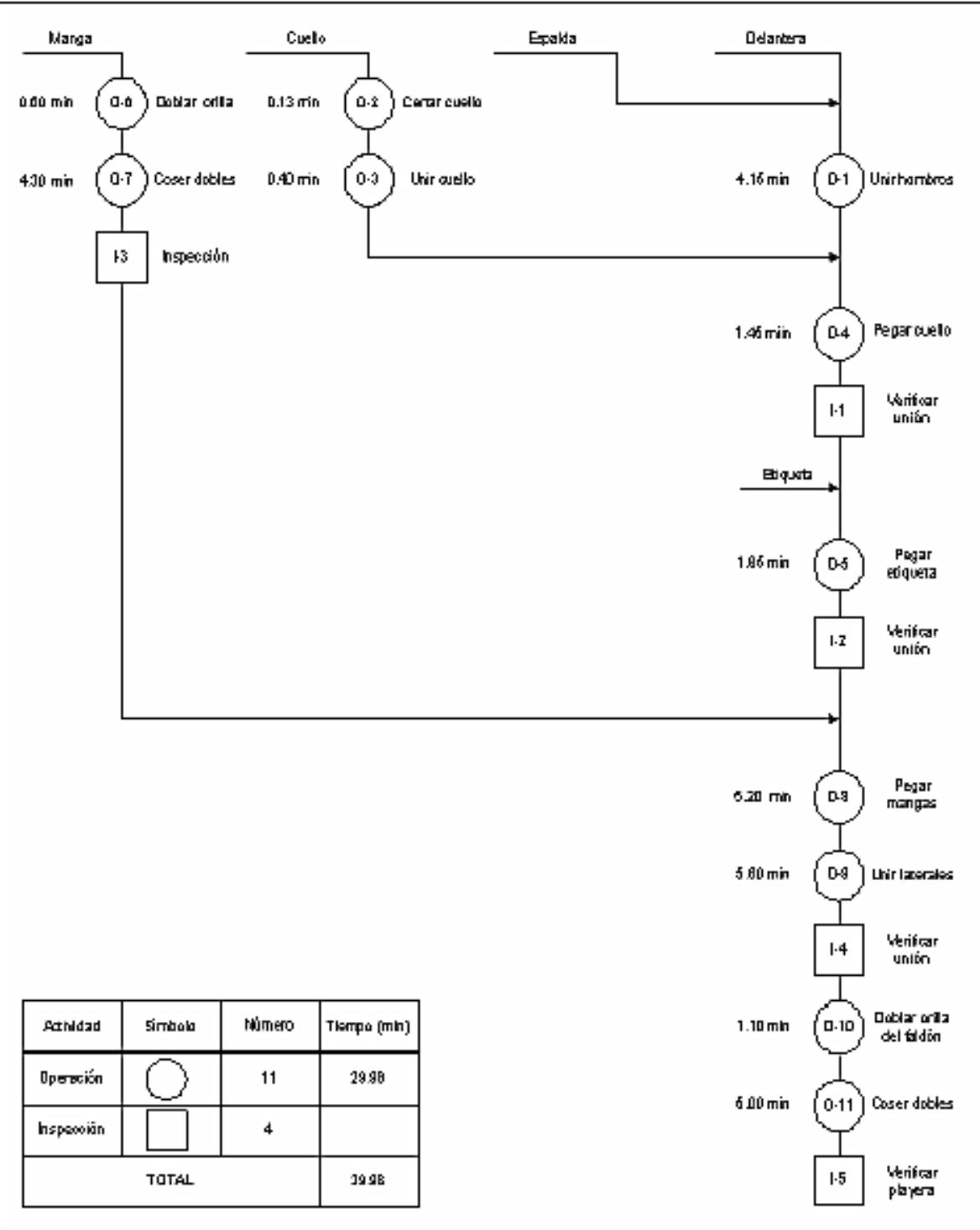
Aguilar, G. Manual teórico-práctico del laboratorio del curso de Ingeniería de métodos con software de aplicación. Tesis USAC. Guatemala.

## Diagrama de Operaciones de Proceso

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

Página No. 1 de 1  
Fecha: 01/04/2007

DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO

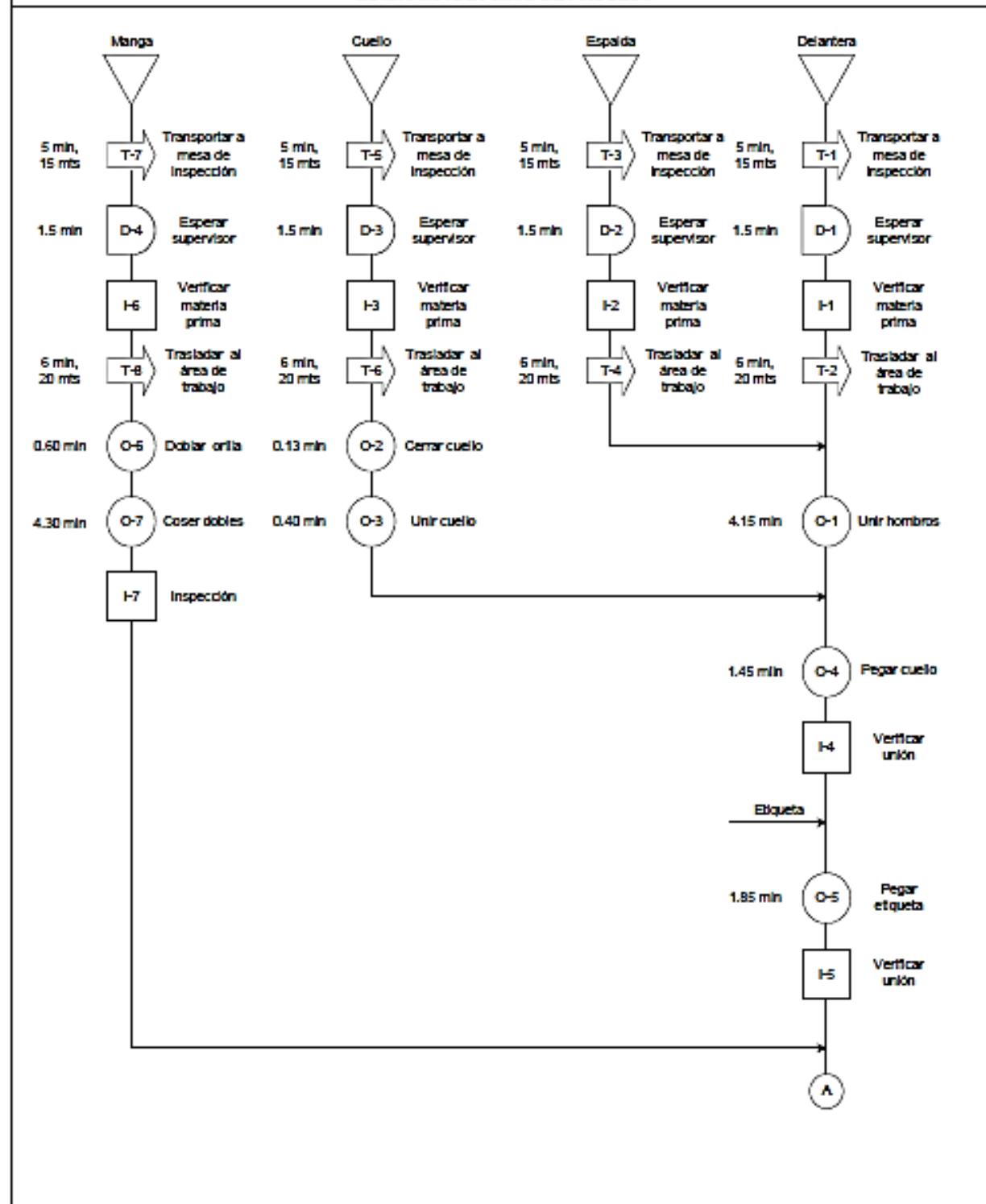


## Diagrama de Flujo de Proceso

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

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

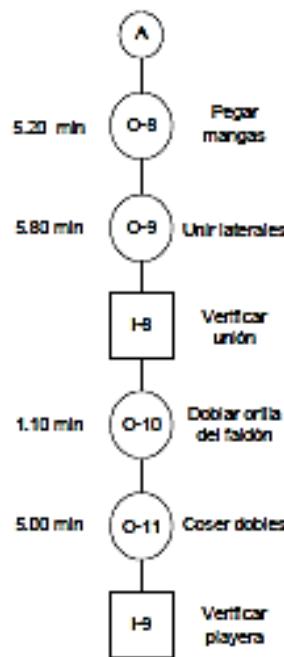
### DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO



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

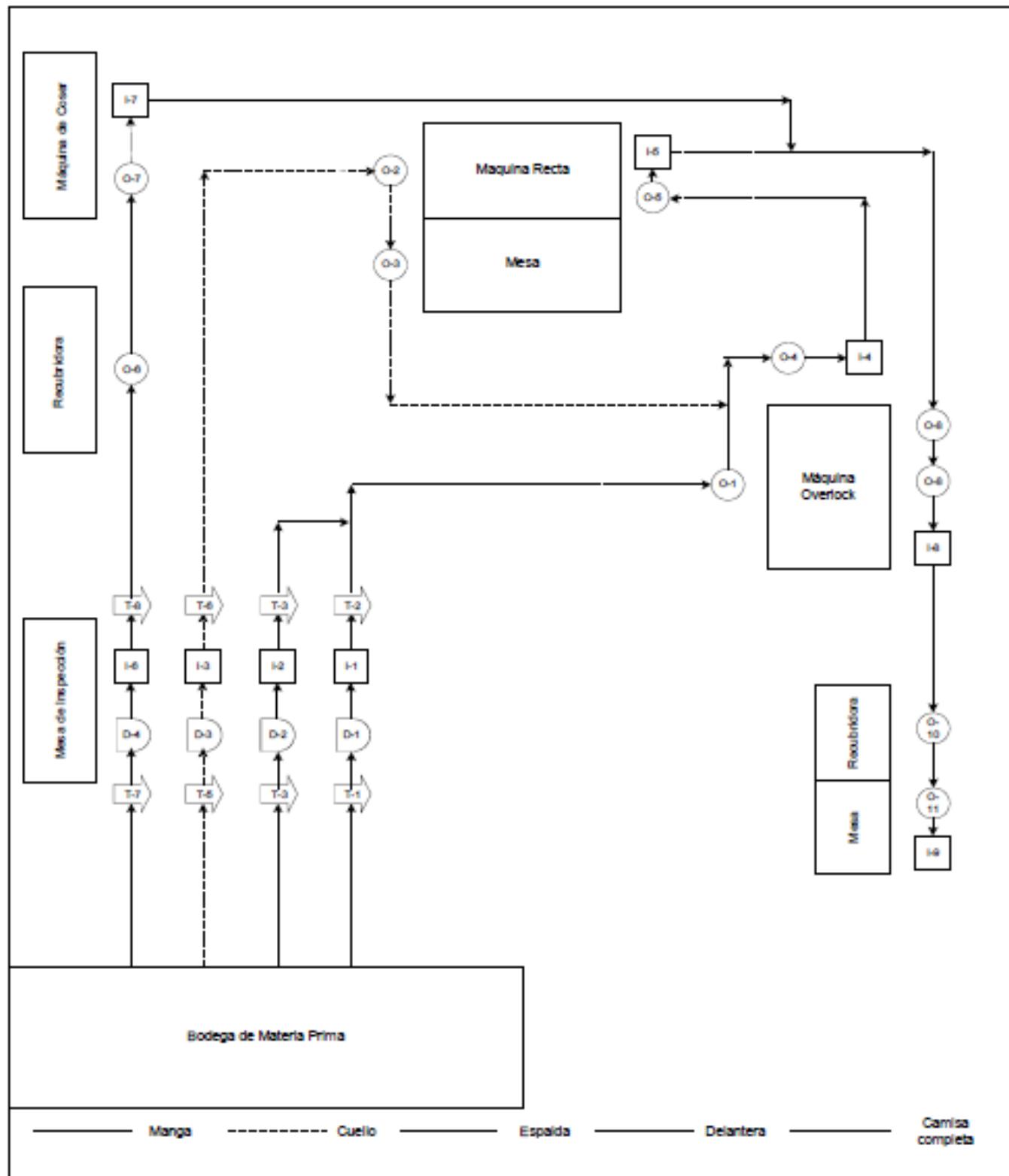
Página No. 2 de 2  
Fecha: 01/04/2007

#### DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO



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

## Diagrama de Recorrido de Proceso



# ENFOQUE DE ANÁLISIS DE OPERACIONES

MÓDULO IV



Soy fiel a mi mismo, a mi vida y a mis creencias,  
todo lo que digo revela lo que hay en mi corazón.

Hoy me libero por medio de la calma.

Mi mente es tranquila, relajada y serena. Soy  
equilibrado en mis actos, todo lo que hago está  
guiado por la infinita sabiduría de quién siempre  
sabe lo que es mejor para mí.

# Objetivos

- Analizar los elementos productivos y no productivos de una operación con vistas a su mejoramiento.
- Entender los conceptos y fundamentos del análisis de operaciones y su impacto en el diseño e implementación de partes, herramientas, tolerancias, diseño de planta y del trabajo para la optimización de los métodos productivos y puestos de trabajo
- Analizar:
  - **El propósito de la operación** comprendiendo la importancia de la mejora de métodos
  - **El diseño de la pieza** Describiendo aspectos de reducción de costos en el diseño

Un buen programa de ingeniería de métodos sigue un proceso en forma ordenada

1. Selección del proyecto
2. Obtención y presentación de datos
3. Análisis de datos
4. Desarrollo del método ideal
5. Presentación e instalación del método
6. Desarrollo del análisis del trabajo
7. Establecimiento de estándares de tiempo
8. Seguimiento

### 1. Selección del proyecto

- Nuevas plantas y expansión de las existentes
- Nuevos productos, nuevos métodos
- Productos de alto costo/baja ganancia
- Productos incapaces de competir
- Dificultades en la fabricación
- Operaciones con cuello de botella/herramientas exploratorias

### 2. Obtención y presentación de datos

- Obtención de las necesidades de producción
- Obtención de los datos de ingeniería
- Obtención de los datos de fabricación y costos
- Desarrollo de la descripción y bosquejos de la estación de trabajo y herramientas
- Construcción de gráficas de operación de los procesos

## 3. Análisis de datos

**Utilice nueve métodos principales del análisis operativo  
Cuestione cada detalle  
Utilice por qué, dónde, qué, quién, cuándo, cómo**

### Procedimiento sistemático de métodos

- Técnicas matemáticas
- Etapas de eliminación, combinación, simplificación y arreglo
- Principios del diseño del trabajo respecto a:
  - Economía de movimientos, trabajo manual, equipo
  - del lugar de trabajo, herramientas, medio ambiente de trabajo, seguridad

### 5. Presente e instale el método

- Utilice herramientas para la toma de decisiones
- Desarrolle presentaciones verbales y escritas
- Supere la resistencia
- Venda el método al operador, al supervisor y a la administración
- Ponga el método en operación

### 6. Desarrollo del análisis del trabajo

- Análisis del trabajo
- Descripciones del trabajo
- Acomodo de trabajadores con habilidades diferentes

### 7. Establezca estándares de tiempo

- Estudio cronometrado del tiempo
- Muestreo del trabajo
- Datos estándar
- Fórmulas
- Sistemas de tiempos predeterminados

### 8. Seguimiento

- Verifique los ahorros
- Asegúrese de que la instalación sea la correcta
- Mantenga a todos a bordo
- Repita el procedimiento de los métodos

Las preguntas que deben formularse para la mejora de los métodos se organizan en torno a nueve temas básicos

1. **El propósito de la operación**
2. **El diseño de la pieza**
3. Las tolerancias y especificaciones
4. Los materiales que se utilizarán
5. Las secuencias de los procesos de manufactura
6. La preparación del lugar y las herramientas
7. El manejo de materiales
8. La distribución de las operaciones
9. El diseño del trabajo

# ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN

- Es un procedimiento empleado por el ingeniero de métodos
- Analiza los elementos productivos y no productivos de una operación con vistas a su mejoramiento
- Es efectivo en mejoramiento de centros de trabajo existentes y planeación de nuevos centros de trabajo
- Es un proceso continuo en la industria

## Cuando se utiliza adecuadamente las compañías pueden:

- Incrementar la operación
- Reducir los costos unitarios
- Garantizar la calidad
- Reducir mano de obra defectuosa
- Incrementar el entusiasmo a través de:
  - Mejoras de trabajo
  - Disminución de fatiga
  - Salarios más atractivos

El analista debe revisar cada operación e inspección del DOP y realizar una serie de preguntas, la mas importante es *por qué*

1. ¿Por qué es necesaria esta operación?
2. ¿Por qué esta operación se lleva a cabo de esta manera?
3. ¿Por qué estas tolerancias son tan estrechas?
4. ¿Por qué se ha especificado este material?
5. ¿Por qué se ha asignado para hacer este trabajo a esta clase de operador?

La pregunta *por qué* sugiere otras, entre las que se incluyen *cómo, quién, dónde y cuándo*

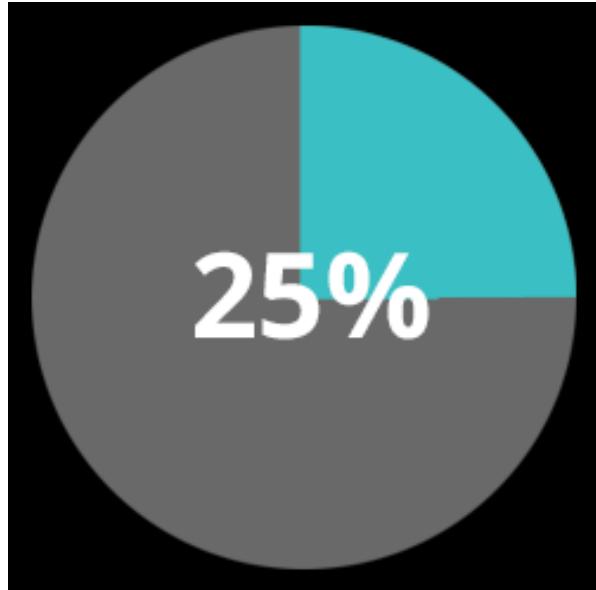
1. ¿Cómo puede llevarse a cabo esta operación de una manera mejor?
2. ¿Quién puede realizar mejor esta operación?
3. ¿Dónde puede realizarse la operación a un menor costo o con mayor calidad?
4. ¿Cuándo debe realizarse la operación para invertir la menor cantidad de manejo de materiales?

# 1. PROPÓSITO DE LA OPERACIÓN

## Es posiblemente el punto más importante de los 9

- Una regla cardinal es que el analista debe observar es tratar de eliminar o cambiar una operación antes de mejorarla.
- Si un trabajo puede ser suprimido no es necesario gastar en la implantación de un método mejorado.
- La mejor manera de simplificar una operación es idear alguna forma de conseguir iguales o mejores resultados sin costo

- Alrededor del 25% de las operaciones pueden eliminarse si se invierte suficiente tiempo en el estudio del diseño y del proceso
- Ello también implica la eliminación de los desperdicios asociados con el procesamiento inapropiado



- Las operaciones innecesarias son resultado de un planeación inapropiada.
- Se originan operaciones innecesarias cuando se ejecuta inapropiadamente la operación previa o si se introduce una operación para facilitar otra que sigue.
- Al procurar eliminar operaciones el analista debe considerar la cuestión: ¿Se justifica una operación adicional por los ahorros que producirá en una operación subsecuente?



- ¿Es posible dar lugar a una operación innecesaria por haberse pensado que daría mayor atractivo de venta al producto?



- Para eliminar, combinar o acortar cada operación, el analista debe formular y contestar la siguiente pregunta: ¿La herramienta o equipo de un proveedor externo permitiría ejecutar la operación más económicoamente?
- Una vez determinada la necesidad de la operación, los restantes enfoques del análisis de la operación deben considerarse para determinar como sería posible mejorarla

## 2. DISEÑO DE LA PIEZA

# DISEÑO DE LA PIEZA O PARTE

- Un buen analista debe revisar todo diseño en busca de mejoras posibles.
- Para hacerlas debe tener en cuenta los siguientes aspectos con el fin de reducir el costo de los diseños de cada componente y sub ensamble:

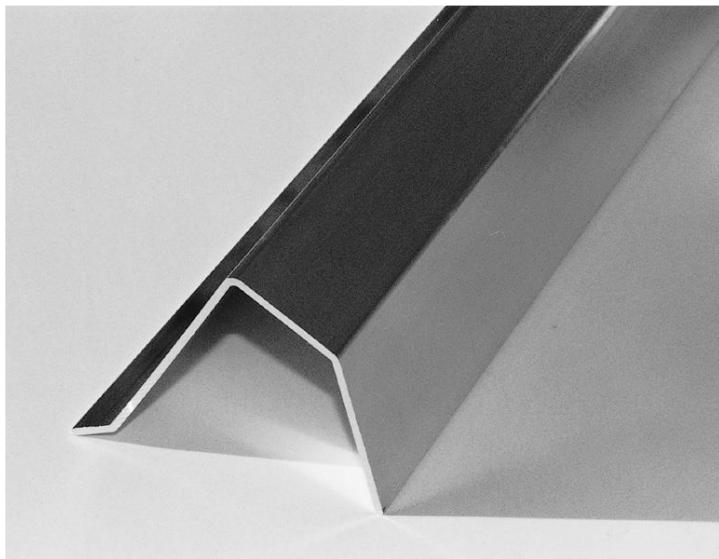
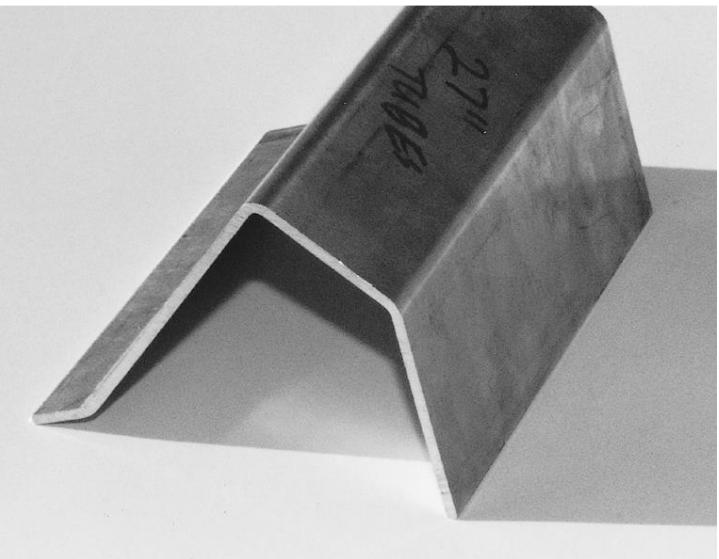
## 1. Reducir el número de partes, simplificando el diseño



Rediseño de la parte con el fin de eliminar múltiples piezas.

- a) La parte original se diseñó en tres piezas que tuvieron que ser ensambladas.
- b) El diseño mejorado de una sola pieza puede maquinarse como una pieza sólida.

## 2. Reducir el número de operaciones simplificando el maquinado y ensamblado



- a) Se utilizó un proceso de cuatro etapas para doblar esta pieza de la forma deseada. Este procedimiento es ineficiente y ejerce presión en el metal en el lugar de los dobleces.
- b) Esta pieza fue extruida en un solo paso y posteriormente se cortará en trozos de una determinada longitud.

### 3. Utilizar materiales de mejor calidad.



## 4. Ampliar las tolerancias

Confiar en las operaciones «clave» para obtener precisión, en lugar de confiar en una serie de límites muy estrictos

## 5. Realizar los diseños para mejorar la fabricación

Los diseños deben mantener la mayor simplicidad posible

## Mejora de diseño de formatos en papel o digitales

Estos también son susceptibles de mejora. Una vez que se ha determinado la necesidad de un formato, debe estudiarse con el fin de mejorar la recolección y el flujo de información.

Los siguientes criterios son importantes al desarrollar formatos:

# Simplicidad

- Mantener la simplicidad en el diseño de la forma, conservando la cantidad necesaria de información de entrada en un mínimo.

一卡通申请表			
姓名	职务	任职部门	编号: _____ 日期: _____
性别	入职日期	办卡日期	
类别	<input type="checkbox"/> 入职 <input type="checkbox"/> 补办卡 <input type="checkbox"/> 离职 <input type="checkbox"/> 充值	<input type="checkbox"/> 关闭 <input type="checkbox"/> _____	
需开通或 关闭门禁	<input type="checkbox"/> 开通 1、 2、 3、	<input type="checkbox"/> 关闭 1、 2、 3、	
餐费充值 与清退	现金充值 4、 本月实际工作日	餐补	元/天
	卡余额	应退金额	元
核准栏	申请人: 商务秘书:	部门: 安保中心:	人事主管: 行政经理:

# Espacio

- Proporcionar espacios amplios para cada bit de la información, permitiendo el uso de diferentes métodos de entrada (máquina de escribir, escritura a mano, ordenador)



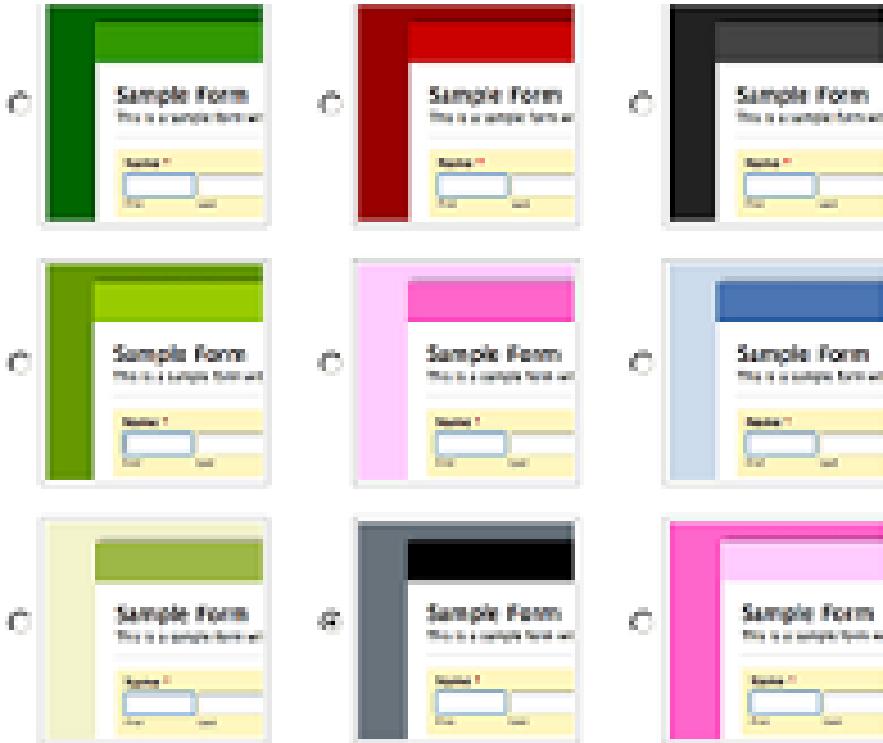
# Orden

- Ordenar en un patrón lógico la información de entrada



# Codificación

- El formato debe contar con un código de colores que facilite la distribución y el enrutamiento



# Límites

- Limitar los formatos de computadora a una sola página



# Gracias por su atención

Fin de la primera parte



# ENFOQUE DE ANÁLISIS DE OPERACIONES

## MÓDULO IV

Parte II





La vida es salud, fuerza y alegría.

Hoy decido ser optimista.

Suelto y dejo ir toda sombra de temor en mí.

Borro en mí el hábito de los pensamientos negativos.

Entiendo que no los necesito porque me visualizo sintiendo completa alegría y paz.

# Objetivos

- Analizar la mejora de métodos en base a los temas:
  - **Las tolerancias y especificaciones**
    - Conocer los tipos de inspección para asignación de tolerancias
  - **Los materiales**
    - Comprender la importancia de los métodos para obtener materiales a usar en un proceso
  - **Los procesos de manufactura**
    - Comprender secuencia y proceso de fabricación

Un buen programa de ingeniería de métodos sigue un proceso en forma ordenada

1. Selección del proyecto
2. Obtención y presentación de datos
3. Análisis de datos
4. Desarrollo del método ideal
5. Presentación e instalación del método
6. Desarrollo del análisis del trabajo
7. Establecimiento de estándares de tiempo
8. Seguimiento

Las preguntas que deben formularse para la mejora de los métodos se organizan en torno a nueve temas básicos

1. El propósito de la operación
2. El diseño de la pieza
3. **Las tolerancias y especificaciones**
4. **Los materiales que se utilizarán**
5. **Las secuencias de los procesos de manufactura**
6. La preparación del lugar y las herramientas
7. El manejo de materiales
8. La distribución de las operaciones
9. El diseño del trabajo

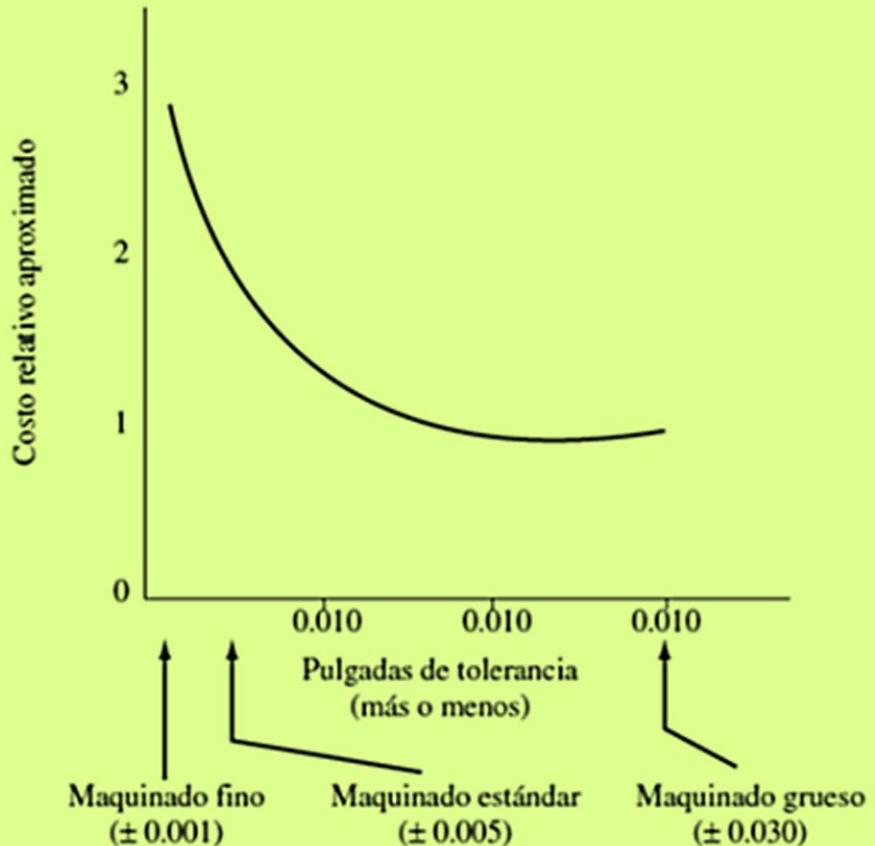
### 3. TOLERANCIAS Y ESPECIFICACIONES

# Tolerancias y especificaciones

- Las analizamos en torno a la calidad del producto y su capacidad para satisfacer determinadas necesidades.
- Los diseñadores tienden a poner especificaciones más rígidas de lo necesario cuando desarrollan un producto, esto se puede deber a:
  - Desconocimiento del costo
  - Hacer que manufactura produzca dentro del rango requerido.

# Las tolerancias demasiado estrechas

(que generan rechazos innecesarios) impactan al precio de venta

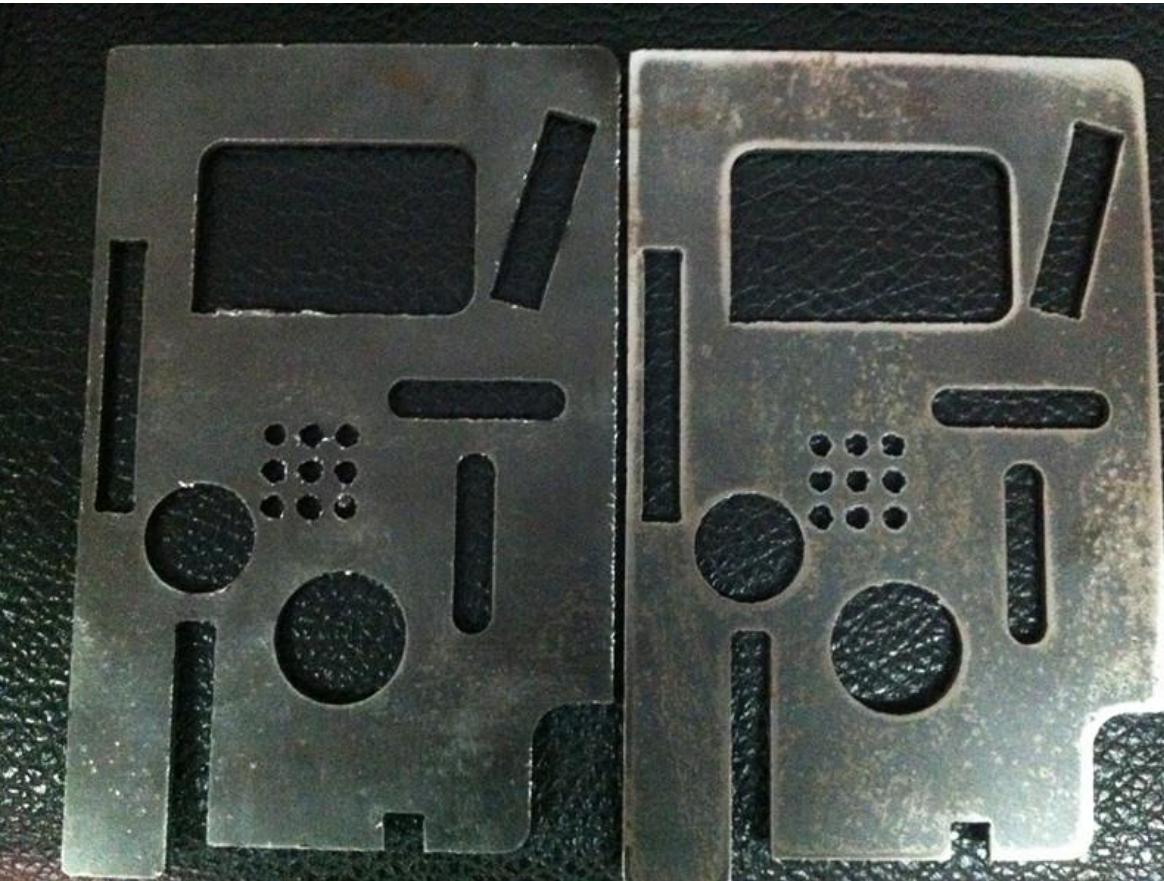


Relación aproximada entre el costo y la tolerancia al maquinado

- La gerencia debe implantar un programa de entrenamiento en el que se prueben de manera clara las economías de las especificaciones.
- El analista de métodos debe ser versado en el tema de costos
- Un principio aceptado es que la tolerancia global es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las tolerancias individuales

- El analista debe buscar el tipo de inspección ideal que consiste en una verificación de:
  - Cantidad
  - Calidad
  - Dimensiones
  - Funcionamiento
- Las inspecciones pueden llevarse a cabo mediante diversas técnicas:
  - A simple vista
  - Lote por lote
  - Lote completo

# Inspección a simple vista

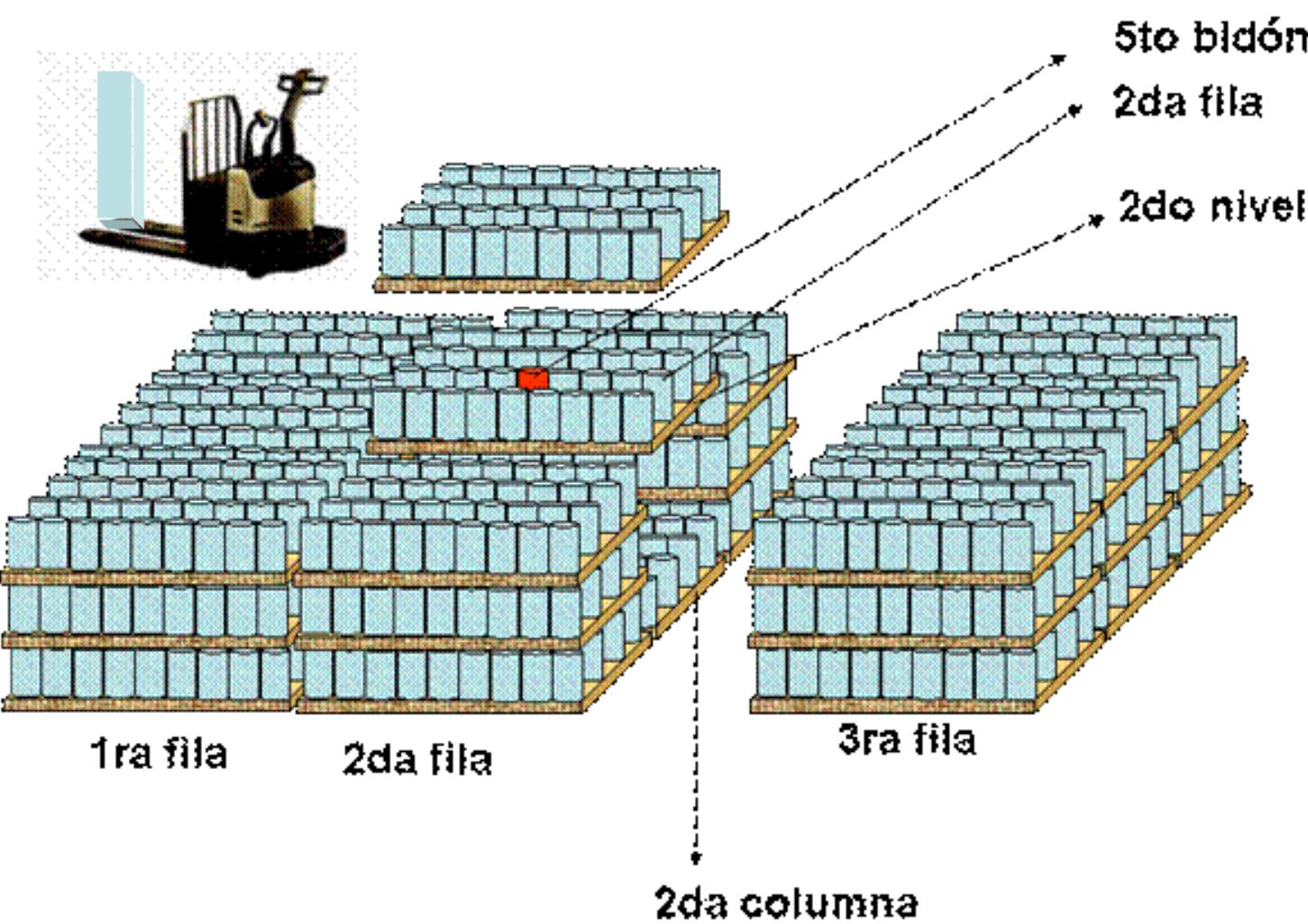


# Inspección lote por lote

- Se examina una muestra
- El tamaño depende de:
  - El porcentaje permitido de unidades defectuosas
  - El tamaño del lote que se inspecciona
- Se define de antemano:
  - Nivel de calidad aceptable
  - Calidad límite
  - Riesgos del productor/consumidor

- Todos los planes de muestreo de aceptación se basan en que las unidades seleccionadas para conformación de la muestra son representativas de todo el lote. Como se requiere un muestreo que de muestras insesgadas es recomendable aplicar un muestreo aleatorio
- Si se utilizan métodos arbitrarios para seleccionar una muestra, las bases teóricas del muestreo de aceptación no se cumplen y por tanto las decisiones sobre el lote no tendrán un respaldo estadístico.





# Inspección lote completo

- Implica la inspección de cada unidad producida y el rechazo de las unidades defectuosas.
- La experiencia ha demostrado que este tipo de inspección no garantiza un producto perfecto
- La monotonía de la inspección genera fatiga y la atención del operador disminuye.
- Puede dejar pasar partes defectuosas o rechazar partes que estén bien



## 4. MATERIALES

# Materiales

- Cuando un ingeniero diseña un nuevo producto, una de las primeras cuestiones a tomar en cuenta es el material a utilizar
- Puede ser complejo por la gran variedad disponible por lo que a menudo es más práctico incorporar un material mejor y más económico en un diseño existente
- Los analistas deben considerar las posibilidades que se muestran a continuación para obtener los materiales a usar en un proceso:

# 1- Buscar un material más ligero y menos costoso

- Es necesario estar al día, en los precios de materiales de uso general en la ingeniería: Metales, polímeros, cerámicos, etc.
- Estos costos pueden utilizarse como base para juzgar la aplicación de nuevos materiales.
- Debido a los costos de transporte, el peso de un material importa, por lo que se buscan materiales livianos o reducir la cantidad necesaria del mismo.



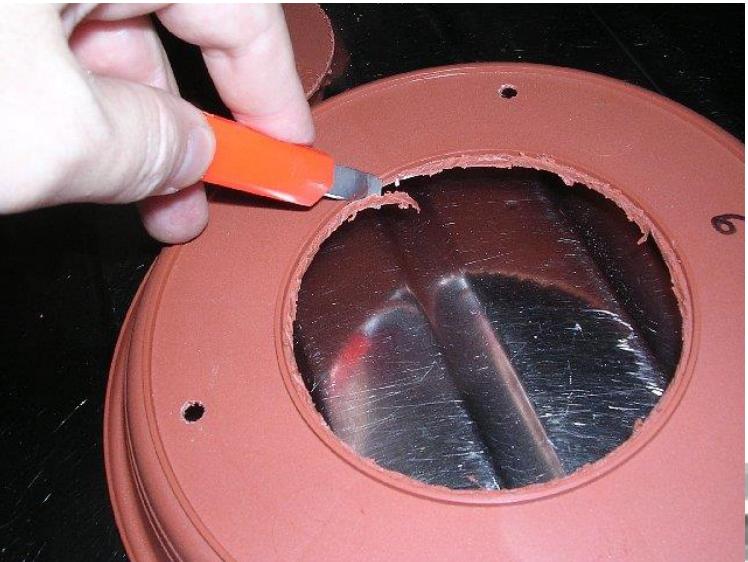
## 2- Buscar materiales que sean fáciles de procesar

- Algunos materiales se procesan más fácilmente que otros.
- Estudiar los manuales de las propiedades físicas ayuda porque en base a eso se puede decidir que material reaccionara mas favorablemente. Ejemplo El maquinado varia en proporción inversa a la dureza y esta en proporción inversa a la resistencia.
- Actualmente el material más versátil son los compósitos.



### 3- Utilizar los materiales de manera más económica

- Si la relación entre el material de deshecho y el que conforma el producto es alta, se debe buscar una mejor utilización del material.
- Se debe buscar:
  - Reducir tamaño de rebabas
  - Usar múltiples troqueles
  - Reducir el peso de los diseños



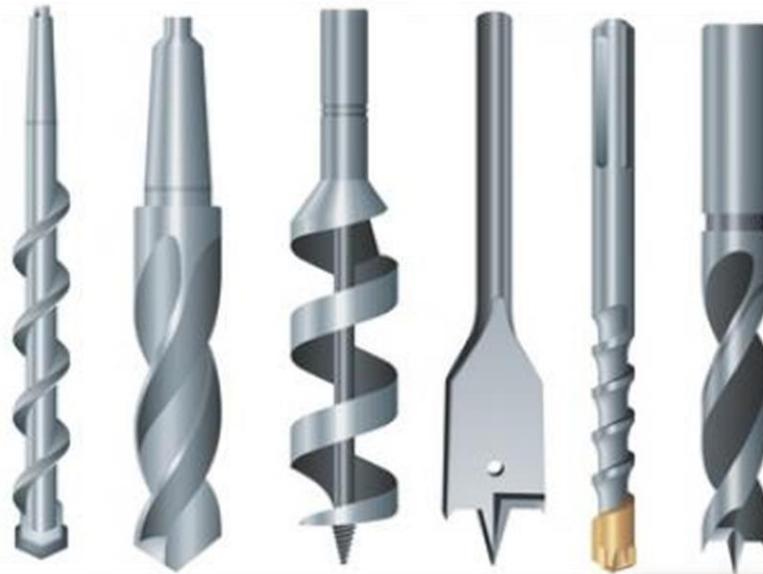
## 4- Utilizar materiales recuperables (sobrantes)

- Los materiales no trabajados sobrantes, proporcionan posibilidades de ahorro.
- También se debe tomar en cuenta el clasificar los materiales para su reciclado.
- Algunas empresas guardan y reutilizan el material de embalaje de materia prima para embalar su producto terminado.
- Inclusive algunas empresas regalan su material de deshecho a otros pequeños empresarios que puedan hacer uso de ella.



## 5- Utilizar materiales y herramientas de manera más económica

- La administración debe estimular el uso de todos los accesorios.
- La administración debe verificar el total desgaste de una pieza antes de entregar una nueva al operario.
- Almacenar artículos sucios para su lavado es menos costoso que reemplazarlos.
- Los analistas de métodos puede hacer una contribución real a una compañía si reducen el desperdicio.



## 6- Estandarizar materiales

- Los analistas de métodos siempre deben estar alerta ante la posibilidad de estandarización de materiales.
- Las economías de reducción de tamaños y calibres incluyen:
  - Las órdenes de compra por mayores cantidades, es mas barato que por unidad
  - Los inventarios son menores puesto que debe almacenarse menos material de reserva
  - En los registros del almacén se deben hacer menos ingresos de material
  - Se deben pagar menos facturas
  - Se necesita menos espacio para almacenar los materiales en la bodega
  - La inspección por muestreo reduce el número total de partes inspeccionadas
  - Se necesitan menos cotizaciones de precios y órdenes de compra

## 7- Buscar el proveedor desde el punto de vista de precio y disponibilidad

- Los proveedores cotizan diferentes precios, niveles de calidad, tiempos de entrega y diversa disposición para mantener inventarios.
- Es responsabilidad del departamento de compras seleccionar al mejor proveedor y los analistas estimularlo a negociar para obtener mejores precios y calidad.
- No es raro que logren una reducción del 10% del precio y del 15% de los inventarios, de estas negociaciones.

## 5. PROCESOS DE MANUFACTURA

# Secuencia y proceso de fabricación

- El ingeniero de métodos debe comprender que el tiempo empleado en el proceso de manufactura se divide en tres pasos. Control y planeación de inventarios, operación de preparación (set up) y Manufactura del Proceso.
- Para mejorar el proceso el analista debe considerar:
  - La modificación de las operaciones,
  - La mecanización de las operaciones manuales,
  - La utilización de recursos más eficientes en las operaciones mecánicas,
  - La operación de los recursos mecánicos de manera más eficiente,
  - La fabricación cercana a la forma final
  - La utilización de robots.

# Modificación de operaciones



a)



b)



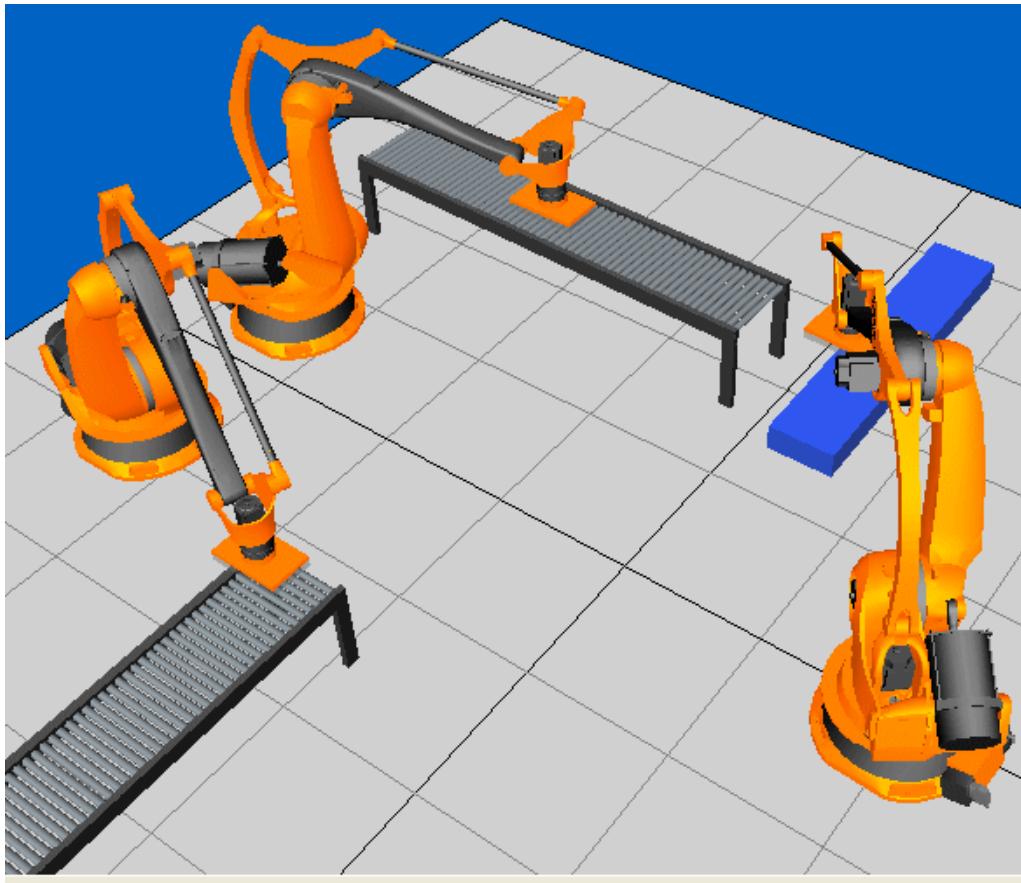
c)

**Figura 3.7** Combinación de operaciones para eliminar etapas de proceso. El material que se muestra en b) se corta a la medida y se enrosca en un solo paso en el torno Citizen CNC que se muestra en a) para dar como resultado la pieza terminada que se muestra en c).

- a) Torno CNC de Citizen. (Cortesía de Jergens, Inc.)
- b) Materia prima. (Cortesía de Jergens, Inc.)
- c) Pieza terminada. (Cortesía de Jergens, Inc.)

# Mecanización de las operaciones manuales

- El analista debe tener en cuenta el uso de equipo de propósito especial, especialmente si las cantidades a producir son grandes.
- La mecanización aplica también al papeleo administrativo, códigos de barras u otras ayudas con lectores.



# Utilización de instalaciones mecánicas más eficientes

- Si una operación se lleva a cabo mecánicamente, siempre existe la posibilidad de emplear medios más eficientes.
- Se pueden introducir sistemas estadísticos para controlar rangos como peso, tiempo de tratamiento térmico e imprimir los reportes que se deseen.



# Operación de instalaciones mecánicas de manera más eficiente

- En las operaciones con maquinas los analistas deben asegurarse que se utilizan los alimentadores y las velocidades apropiadas.
- Investigar que las herramientas de corte estén afiladas, montadas y lubricadas. adecuadamente.
- Muchas maquinas trabajan a solo una fracción de su eficiencia.

# Fabricación cercana a la forma final

- Utilizando un proceso que genere componentes mas cercanos a la forma final se maximiza el uso de material, se reduce desperdicio aminora el reproceso y acabado; y es más amigable al medio ambiente.
- Se produce menos ruido, vibración y se ahorra energía.



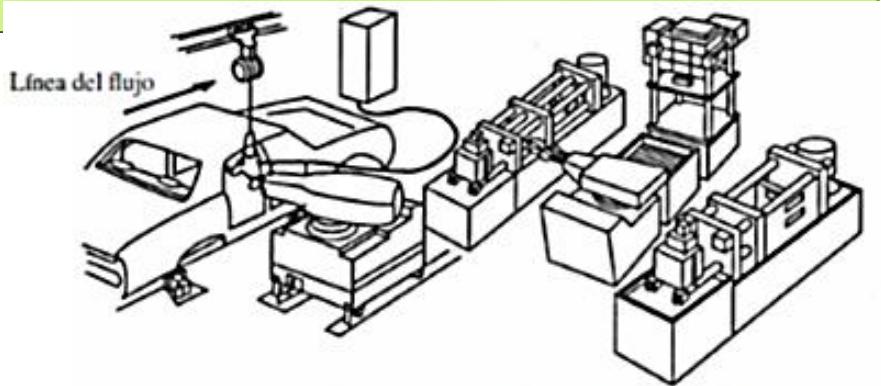
¿Que pasaría si todo se fabricara siguiendo el método de la fábrica de palillos del video?



©Eduardo

# Consideración del uso de robots

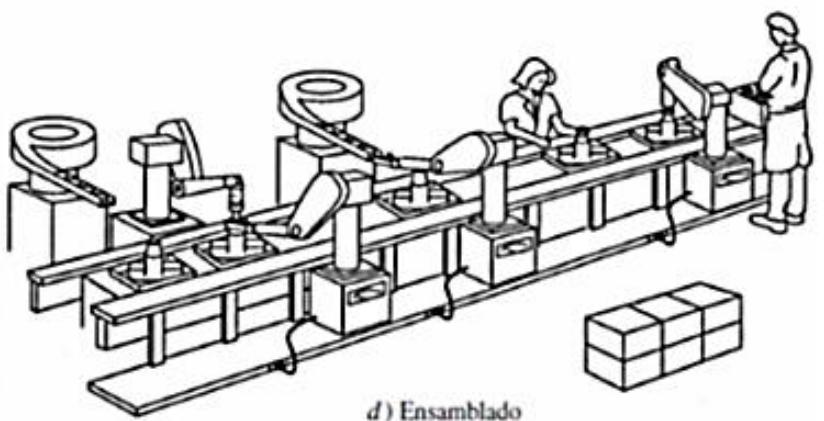
- Es importante considerar el uso de robots en áreas como ensamble, que representa en algunos casos la mitad del costo de manufactura.
- Proporciona una calidad repetida de manera permanente y predice el rendimiento de la producción.
- El tiempo de vida de un robot hace que su depreciación sea relativamente baja.
- Los robots pueden hacer trabajos peligrosos para el trabajador humano.



a) Soldadura      b) Fundición a troquel y alimentación de la prensa



c) Centro de maquinado



d) Ensamblado

## Algunas de las aplicaciones industriales más comunes de los robots

- a) Se muestra un robot para soldadura, pero por lo general se pueden utilizar varios de ellos a lo largo de una línea de ensamble automotriz.
- b) En una aplicación de fundido a troquel, un robot descarga las máquinas para el fundido, realiza operaciones de enfriamiento y carga material en una prensa.
- c) La línea de producción de maquinado se utiliza para producir las camisas de las levas.
- d) La línea de ensamblado utiliza una combinación de robots, alimentadores de partes y operadores humanos.

# Gracias por su atención

Fin de la Segunda Parte



# ENFOQUE DE ANÁLISIS DE OPERACIONES

## MÓDULO IV

Parte III





Siempre recibo la ayuda que necesito.

El cosmos se mueve de tal modo que hoy me encuentro  
en el sitio, la hora y el momento indicado donde hallo  
lo que necesito.

Siento la admiración de los demás al ver que  
conquisté mis objetivos.

Siento el deseo y el gozo de ayudar a los que lo  
necesitan también.

# Objetivos

- Analizar la mejora de métodos en base a los temas:
  - **La preparación y las herramientas**
    - Asignar importancia a la preparación de herramientas
    - Relacionar la la preparación y las herramientas
    - Describir métodos para la preparación y el herramiental
  - **El manejo de materiales**
    - Definir los requisitos para manejo de materiales
  - **Distribución de Planta**
    - Comprender los objetivos de una distribución eficaz
    - Establecer los tipos de distribución
  - **Diseño del trabajo**
    - Analizar los principios de economía de movimientos

Un buen programa de ingeniería de métodos sigue un proceso en forma ordenada

1. Selección del proyecto
2. Obtención y presentación de datos
3. Análisis de datos
4. Desarrollo del método ideal
5. Presentación e instalación del método
6. Desarrollo del análisis del trabajo
7. Establecimiento de estándares de tiempo
8. Seguimiento

Las preguntas que deben formularse para la mejora de los métodos se organizan en torno a nueve temas básicos

1. El propósito de la operación
2. El diseño de la pieza
3. Las tolerancias y especificaciones
4. Los materiales que se utilizarán
5. Las secuencias de los procesos de manufactura
6. **La preparación del lugar y las herramientas**
7. **El manejo de materiales**
8. **La distribución de las operaciones**
9. **El diseño del trabajo**

## 6. PREPARACION Y HERRAMIENTAS

# Relevancia

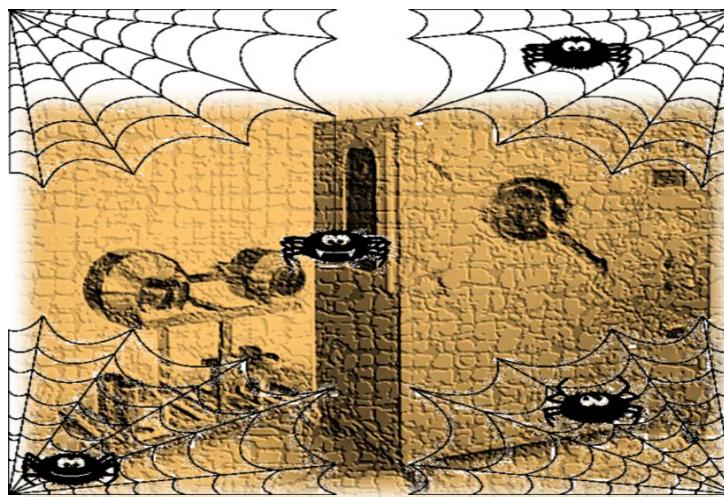
- La economía es uno de los elementos más importantes de las herramientas y configuración del trabajo
- La cantidad de herramiental más ventajosa depende de:
  - La cantidad de la producción
  - Las acciones repetidas
  - La mano de obra
  - Los requisitos de entrega
  - El capital requerido

# Un error común al planear procesos:

Invertir \$\$ en dispositivos  
economizadores



Que estos dispositivos se  
usen rara vez...

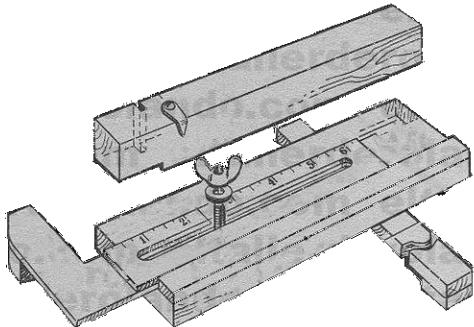


Cuando se quiere determinar el herramiental

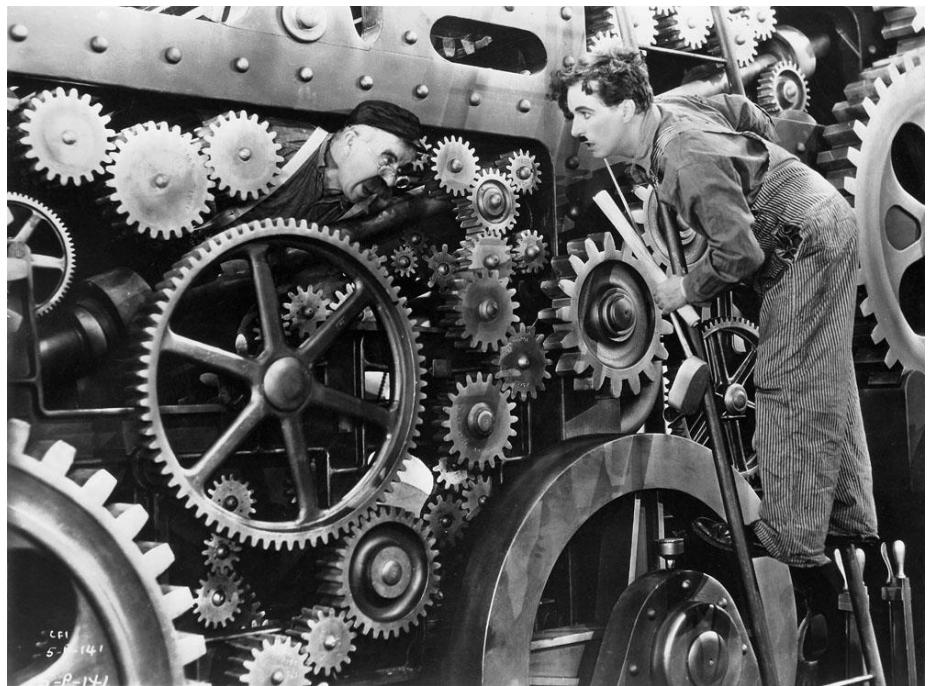
**Lo mas importante es buscar bajar los costos de mano de obra.**

¿Cómo?

Las plantillas y dispositivos de sujeción son convenientes aún donde sólo se producirán pequeñas cantidades



# La relación entre la preparación y las herramientas



- Las herramientas que se decida usar en un trabajo determinarán el tiempo de preparación y desmontaje
- Si la razón del tiempo de preparación al tiempo de corrida de producción es alta, el analista estará en posibilidades de desarrollar mejoras.

Cuando hablamos de tiempo de preparación se incluye:

- Establecer el trabajo que se realizará y generar:
  - Instrucciones
  - Diagramas,
  - Herramientas
  - Material
- Preparar las estaciones de trabajo para el inicio:
  - Poner a punto herramientas
  - Ajustar distancias y alturas
  - Fijar avances, velocidades y profundidades de corte
- Desmontaje de herramiental
- Devolución de herramientas a bodega o almacén

Una forma de mejorar la preparación y herramiental a considerar el diseño y desarrollo de tecnología de grupos.

	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0 Sin subformas				0					
1 Cambio o escalón en un lado				0					
2 Cambio o escalón en dos lados				0					
3 Con pestañas, protuberancias				0					
4 Con bifurcación o ranurado abierto o cerrado				0					
5 Con orificio				0					
6 Con orificio y cuerdas				0					
7 Con ranuras o nudos				0					
8 Con extensiones complementarias									

Subdivisión del sistema de agrupamiento para tecnología de grupos

# 1. Reducir el tiempo de preparación

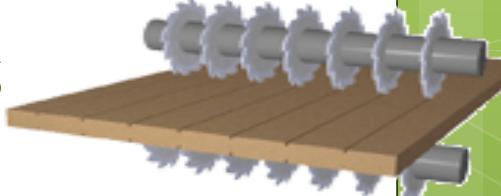
- Que la materia prima sea especificada, las herramientas estén afiladas y entregadas por la sección de despacho y los accesorios estén disponibles
- Producir lotes mas pequeños y programar trabajos similares
- El trabajo que pueda hacerse mientras las máquinas trabajan debe hacerse en el momento y cada operario tenga el programa de trabajo enfrente
- Llevar un registro de preparaciones que han resultado difíciles que probablemente se repitan

## 2. Utilizar toda la capacidad de la máquina

- Una revisión cuidadosa de un gran numero de trabajos revelará la posibilidad de efectuar cortes múltiples, obteniendo así una mejor utilización de la capacidad

## 3. Introducción de herramientas mas eficientes

- Considerar tecnologías recientes
- Optimizar operaciones de corte investigando la geometría de las herramientas
- Seleccionar herramientas de corte de material idóneo

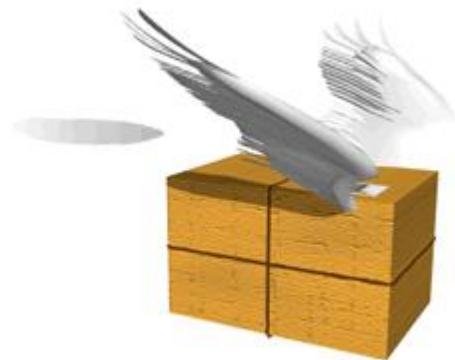


## 7. MANEJO DE MATERIALES

# El manejo de materiales debe garantizar:

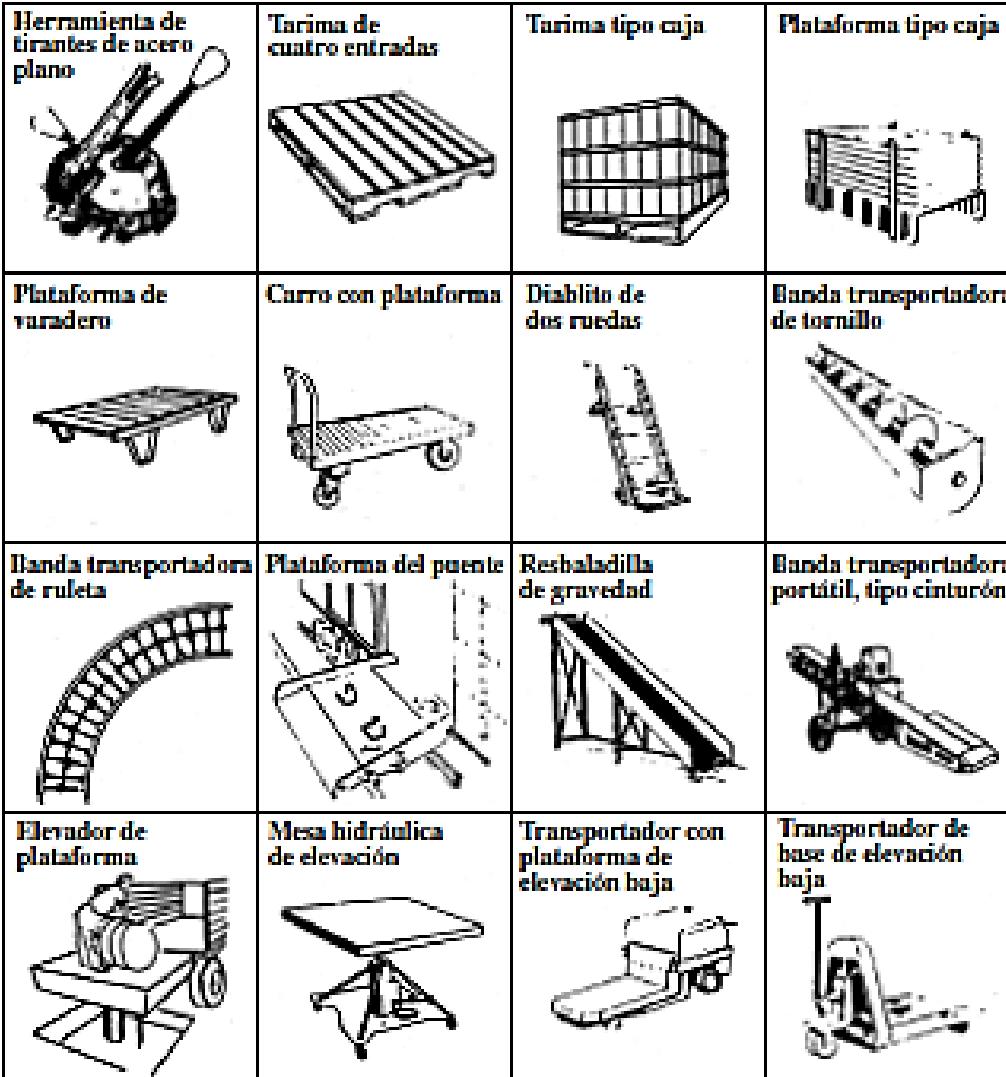
- Que las partes, materia prima, materiales en proceso producto terminado sean desplazados periódicamente de un lugar a otro
- Que ningún proceso o individuo sea entorpecido por el arribo a destiempo de materiales
- Que sean entregados en el lugar correcto
- Que sean entregados sin daño y en la cantidad requerida
- Espacio adecuado para almacenar temporal y permanentemente

# Un manejo adecuado de materiales permite:



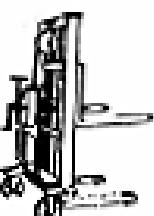
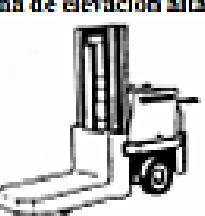
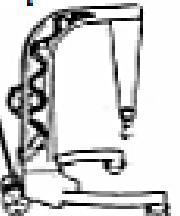
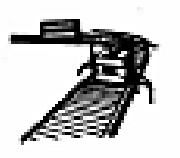
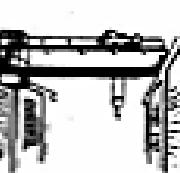
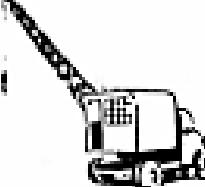
- Entrega de un surtido adecuado
- En el momento oportuno
- En condiciones apropiadas
- En el lugar indicado
- Con el menor costo total

# Reducción del tiempo invertido en recoger materiales



El transporte automatizado, elimina el tiempo para recoger el material

# Utilización de equipo mecánico

<b>Transportador de elevación manual energizado</b> 	<b>Tractor de 4 ruedas</b> 	<b>Elevador portátil</b> 	<b>Camión con plataforma de elevación alta</b> 
<b>Carro de cadena</b> 	<b>Grúa de cuello de ganso portátil</b> 	<b>Grúa de agujón</b> 	<b>Montacargas eléctrico monorriel</b> 
<b>Espolvoreador de placa giratoria</b> 	<b>Banda transportadora giratoria</b> 	<b>Montacargas de tipo telescopico</b> 	<b>Sujetadores automáticos</b> 
<b>Camión con grúa industrial</b> 	<b>Grúa viajera</b> 	<b>Camión tipo puente</b> 	<b>Grúa montada tipo camión motorizado</b> 

Se reduce la mano de obra, los daños a materiales, mejora la seguridad, disminuye la fatiga e incrementa la producción

# Mejor uso de los recursos existentes

- El equipo debe ser flexible
- Los métodos deben ser flexibles
- El entarimamiento permite transportar mayores cantidades
- El diseño de estanterías especiales permite el manejo en unidades mayores

## Manejo cuidadoso de los materiales

- El 40% de los accidentes en plantas industriales suceden durante las operaciones de manejo de materiales.
- Si el número de partes dañadas entre estaciones de trabajo es muy alta se debe realizar una investigación



# Uso de código de barras en inventarios

- Precisión. El porcentaje de error es mínimo en su ingreso de datos
- Desempeño. Un escáner procesa hasta 4 veces más rápido que un teclado
- Aceptación. Los empleados prefieren un lector que un teclado
- Bajo costo. Al estar impresos en paquetes y contenedores, el costo que representa agregarlo es bajo
- Portabilidad. Un operador transporta el aparato de un lugar a otro en la planta con facilidad



# RESUMEN DE MANEJO DE MATERIALES

1. *Principio de la planeación.* Todo manejo de materiales debe ser el resultado de un plan deliberado en el que las necesidades, objetivos de desempeño y especificaciones funcionales de los métodos propuestos serán definidos totalmente desde el inicio.
2. *Principio de estandarización.* Los métodos para manejar materiales, equipo, controles y software deben estar estandarizados dentro de los límites del logro de los objetivos de desempeño y sin sacrificar la flexibilidad, modularidad y productividad necesarias.
3. *Principio del trabajo.* El trabajo del manejo de materiales debe minimizarse sin sacrificar la productividad o el nivel de servicio que la operación requiere.
4. *Principio de la ergonomía.* Las virtudes y limitaciones de los seres humanos deben reconocerse y respetarse en el diseño de las tareas de manejo de materiales y del equipo, para garantizar que las operaciones se lleven a cabo de una manera segura y eficaz.
5. *Principio de las cargas unitarias.* Las cargas unitarias deben ser dimensionadas y configuradas de manera adecuada de forma tal que cumplan con los objetivos de flujo de materiales e inventarios en cada etapa de la cadena de suministro.

6. *Principio de la utilización del espacio.* Se debe hacer uso eficaz y eficiente de todo el espacio disponible.
7. *Principio del sistema.* Las actividades de movimiento y almacenamiento de materiales deben estar totalmente integradas para formar un sistema operativo y coordinado que abarque la recepción, inspección, almacenamiento, producción, ensamblado, empaquetado, unificación, selección del orden, embarque, transporte y manejo de devoluciones.
8. *Principio de la automatización.* Las operaciones de manejo de materiales deben estar mecanizadas o automatizadas donde sea factible, con el fin de incrementar la eficiencia operativa, elevar el grado de respuesta, mejorar la consistencia y predictibilidad, reducir los costos operativos y eliminar la mano de obra repetitiva y potencialmente insegura.
9. *Principio ambiental.* El efecto en el ambiente y el consumo de energía son criterios que se deben tomar en cuenta en el diseño y selección de equipo alternativo y de sistemas de manejo de materiales.
10. *Principio del costo del ciclo de vida.* Un análisis económico minucioso debe tomar en cuenta el ciclo de vida completo de todo el equipo para el manejo de materiales y los sistemas que resulten.

## 8. DISTRIBUCION DE LA PLANTA

# Objetivos y consecuencias

- El objetivo principal de la distribución eficaz de una planta es desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número deseado de productos con la calidad que se requiere y a bajo costo.
- Una distribución deficiente en la planta eleva los costos de mano de obra indirecta en:
  - Extensos desplazamientos
  - Rastreos previos
  - Retrasos y paros de trabajo debido a cuellos de botella

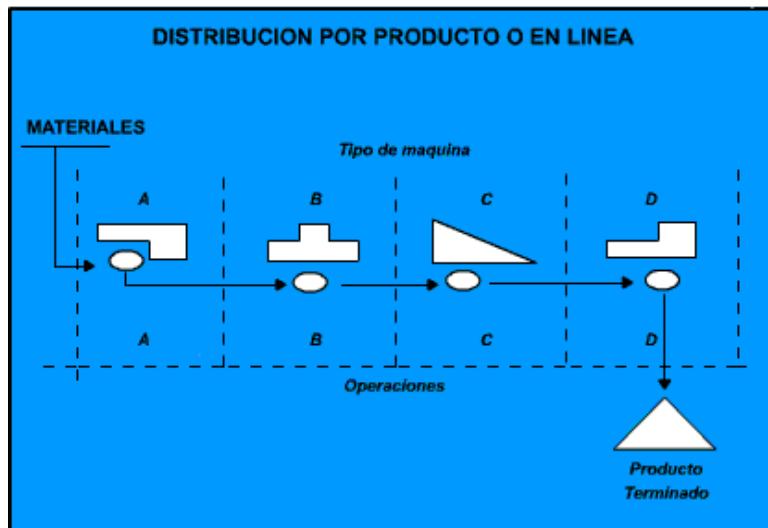
## Tipos de distribución

Todas las distribuciones en planta representan una o la combinación de dos distribuciones básicas:

- Distribución por producto o en línea recta
- Distribución por funciones o por procesos

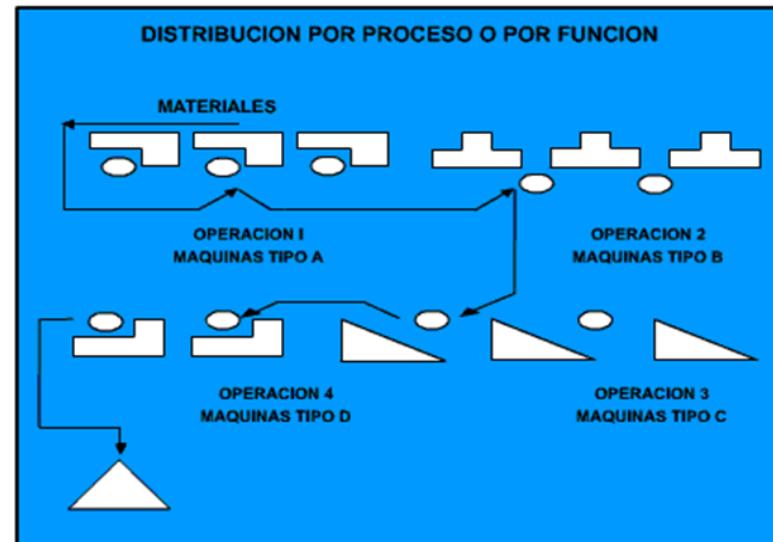
## Distribución en línea recta o «por producto»

- La maquinaria se sitúa de modo que la circulación o flujo de una operación a la siguiente es mínima para cada clase de producto.



## Distribución funcional o «por proceso»

- La maquinaria se agrupa en instalaciones o máquinas semejantes.



# COMPARACIÓN

- Se agrupan operarios con distintas ocupaciones, el entrenamiento se hace difícil
- Los salarios pueden variar y generar insatisfacción
- Un supervisor debe dominar todas las tareas del área
- Inversión elevada debido a duplicación de líneas de aire, agua, gas, etc.
- Apariencia desordenada
- Las ventajas superarán las desventajas si los requerimientos de producción son grandes
- **Muchas veces conviene una combinación de agrupamientos, por proceso y por producto si los requerimientos de producción son sustanciales y la inversión se justifica**
- Se agrupan operarios de especialidades similares, el entrenamiento se hace más corto
- Los salarios serán similares, hay bienestar
- Un supervisor puede especializarse con un tipo de equipo
- La inversión en instalaciones es única para cada grupo de máquinas
- Apariencia de limpieza
- Desventaja: desplazamientos largos y el seguimiento a los procesos

El analista debe tener en cuenta los siguientes puntos para el mejoramiento de la distribución

1. **Producción en serie:** El material puesto a un lado debe estar en condiciones de entrar a la siguiente operación
2. **Producción diversificada:** La distribución debe permitir costos, trasladados y entregas y el material debe estar convenientemente al alcance del operario
3. **Acceso:** El operario debe tener fácil acceso visual a las estaciones de trabajo, sobre todo a las porciones de aquellas que requieren control
4. **Diseño de la estación:** debe permitir a los operadores cambiar de posición regularmente durante el período de trabajo
5. Operaciones en máquinas múltiples: el equipo debe estar agrupado alrededor del operario
6. **Acumulación eficiente de productos:** las áreas de almacenamiento tienen que estar dispuestas de modo que aminoren la búsqueda y el doble manejo
7. **Mayor eficiencia del obrero:** los sitios de servicios deben estar cerca de las áreas de producción
8. **En las oficinas:** debe haber una separación entre los empleados de por lo menos 1.5 metros

Antes de diseñar una nueva distribución o corregir una existente el analista debe reunir los hechos que influyen en la distribución

- Volumen de ventas
- Cantidad de mano de obra
- Requerimientos de operación de postura, de pie, sentado o combinado
- Identificar áreas de actividad visual intensa
- Inventario de maquinaria y equipo indicando su estado y valor en libros
- Posibles cambios en el diseño del producto
- Planos de la planta
- Cantidad de manejo de materiales entre las diversas instalaciones

# Diagrama de 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.
- Complemento útil del diagrama de flujo de procesos debido a que indica el camino hacia atrás y las áreas posibles de congestión de tráfico y facilita el desarrollo de una configuración ideal de la planta
- García Criollo llama a este tipo de representación diagrama de circulación y se elabora con base en un plano a escala de la fábrica, en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas; sobre este plano se dibuja la circulación del proceso, utilizando los mismos símbolos empleados en el proceso de recorrido.

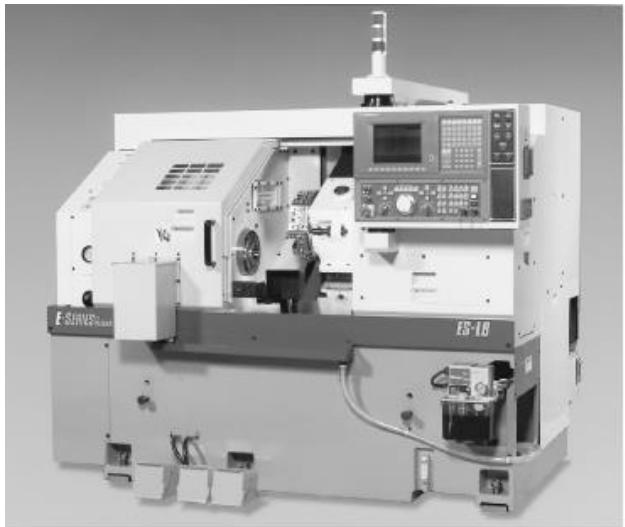
		Hasta							
		Torno de torreta No. 4 W.& S.	Prensa de perforado Delta de 17'	Taladro de 2 ejes L. & D.	Fresa No. 1 Cinn. Hor.	Fresa vertical No. 3 B. & S.	Prensa Niágara de 100 toneladas	No. 2 Cinn, sin centro	Pulidora No. 3 Excello Thd.
Desde	Torno de torreta No. 4 W. & S.		20	45	80	32	4	6	2
	Prensa de perforado 17"			6	8	4	22	2	3
	Taladro de 2 ejes L. & D.				22	14	18	4	4
	Fresa No. 1 Cinn. Hor.	120				10	5	4	2
	Fresa vertical No. 3 B. & S.						6	3	1
	Prensa Niágara de 100 toneladas		60	12	2			0	1
	No. 2 Cinn, sin centro								15
	Pulidora No. 3 Excello Thd.				15	8			

- Una vez reunida la información el analista debe construir un diagrama de curso de proceso con la forma general de la distribución.
- Considere las sugerencias de operarios, inspectores, manipuladores de material y supervisores de líneas

## 9. DISEÑO DEL TRABAJO

# Principios de la Economía de movimientos

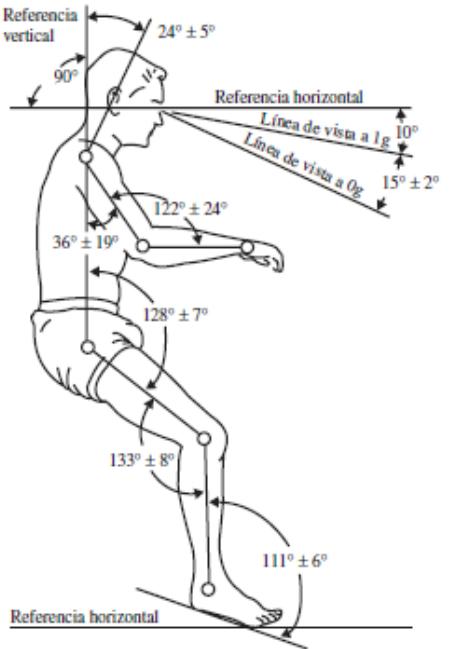
- Ambas manos deben trabajar simultáneamente, diseñara tareas que efectúen movimientos simétricos
- Cada mano debe efectuar la menor cantidad de movimientos posible
- El sitio de trabajo debe estar diseñado para evitar movimientos de alcances largos, los codos cerca del cuerpo
- Evitar usar las manos como dispositivos de sujeción
- Introducir mecanismos que puedan ser operados con los pies.



Máquina herramienta operada con los pies.



Típica  
postura relajada que  
asume la gente en  
condiciones sin peso.



## Otros principios

- Utilice ciclos de trabajo/descanso breves, frecuentes e intermitentes
- Diseñe las tareas de tal forma que la mayoría de los trabajadores pueda realizarlas
- Utilice poca fuerza para realizar movimientos precisos
- No intente realizar movimientos precisos después de realizar trabajo pesado
- Use movimientos curvos continuos
- Utilice los ritmos naturales del cuerpo
- Aligere la fijación de la vista

# Reflexiones sobre el diseño del trabajo

- El analista no necesita ser un experto en anatomía o psicología humanas para aplicar los principios de capacidades humanas y economía de movimientos.
- Para fines prácticos es suficiente utilizar la «lista de verificación de economía de movimientos» que se presenta en forma de cuestionario a continuación.

<b>Suboperaciones</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede eliminarse una suboperación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Como innecesaria?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante un cambio en la orden de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante un cambio en la herramienta o el equipo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante un cambio en la distribución del lugar de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Mediante la combinación de herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) ¿Mediante un ligero cambio de material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) ¿Mediante un ligero cambio en el producto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) ¿Mediante un sujetador de acción rápida en los soportes o guías?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Puede hacerse más fácilmente una suboperación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante el uso de mejores herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante la modificación de la distribución del trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante el cambio de las posiciones de los controles o herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante el uso de mejores contenedores de material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Mediante el uso de la inercia cuando sea posible?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) ¿Haciendo menos estrictos los requisitos de visibilidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) ¿Mediante mejores alturas del lugar de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Movimientos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede eliminarse un movimiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Como innecesario?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante un cambio en la orden de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante la combinación de herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante un cambio en las herramientas o en el equipo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Mediante la eliminación del depósito de material terminado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Puede hacerse el movimiento más fácil?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante un cambio en la distribución, acortando distancias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante el cambio de la dirección de los movimientos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante el uso de diferentes músculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uso del primer grupo de músculos que sea lo suficientemente fuerte para la tarea:		
1. ¿Dedo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Muñeca?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Antebrazo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Brazo superior?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Tronco?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante movimientos continuos en lugar de movimientos bruscos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Paros</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede eliminarse el sostener? (Sostener es extremadamente fatigoso)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Como innecesario?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante un dispositivo simple de sujeción o soporte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Puede hacerse más fácil el sostener?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante el acortamiento de su duración?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Utilizando grupos de músculos más fuertes, tales como las piernas con dispositivos operados con los pies?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Retrasos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede eliminarse o acortarse un retraso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Como innecesario?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante un cambio en el trabajo que cada miembro realiza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Equilibrando trabajo entre los miembros del cuerpo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Trabajando de manera simultánea en dos artículos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Altermando el trabajo, con cada una de las manos haciendo el mismo trabajo pero fuera de fase?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Ciclos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede configurarse el ciclo para que se realice más trabajo manual durante el tiempo de operación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante la alimentación automática?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante el suministro automático de material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante un cambio en la relación de fase del hombre y la máquina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Mediante el corte automático de alimentación al término del corte o en caso de una falla de la herramienta o el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Tiempo máquina</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
1. ¿Puede reducirse el tiempo de máquina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Mediante el uso de mejores herramientas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Mediante el uso de herramientas combinadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Mediante el uso de alimentación y velocidades más rápidas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Gracias por su atención

Fin de la tercera parte

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA DE MÉTODOS I**

**SECCIÓN 1 VESPERTINA**

**ING. ANA ISABEL GARCIA PAZ**

# **MAPAS MENTALES**

**Julio Anthony Engels Ruiz Coto 1284719**

**César Adrian Silva Pérez 1184519**

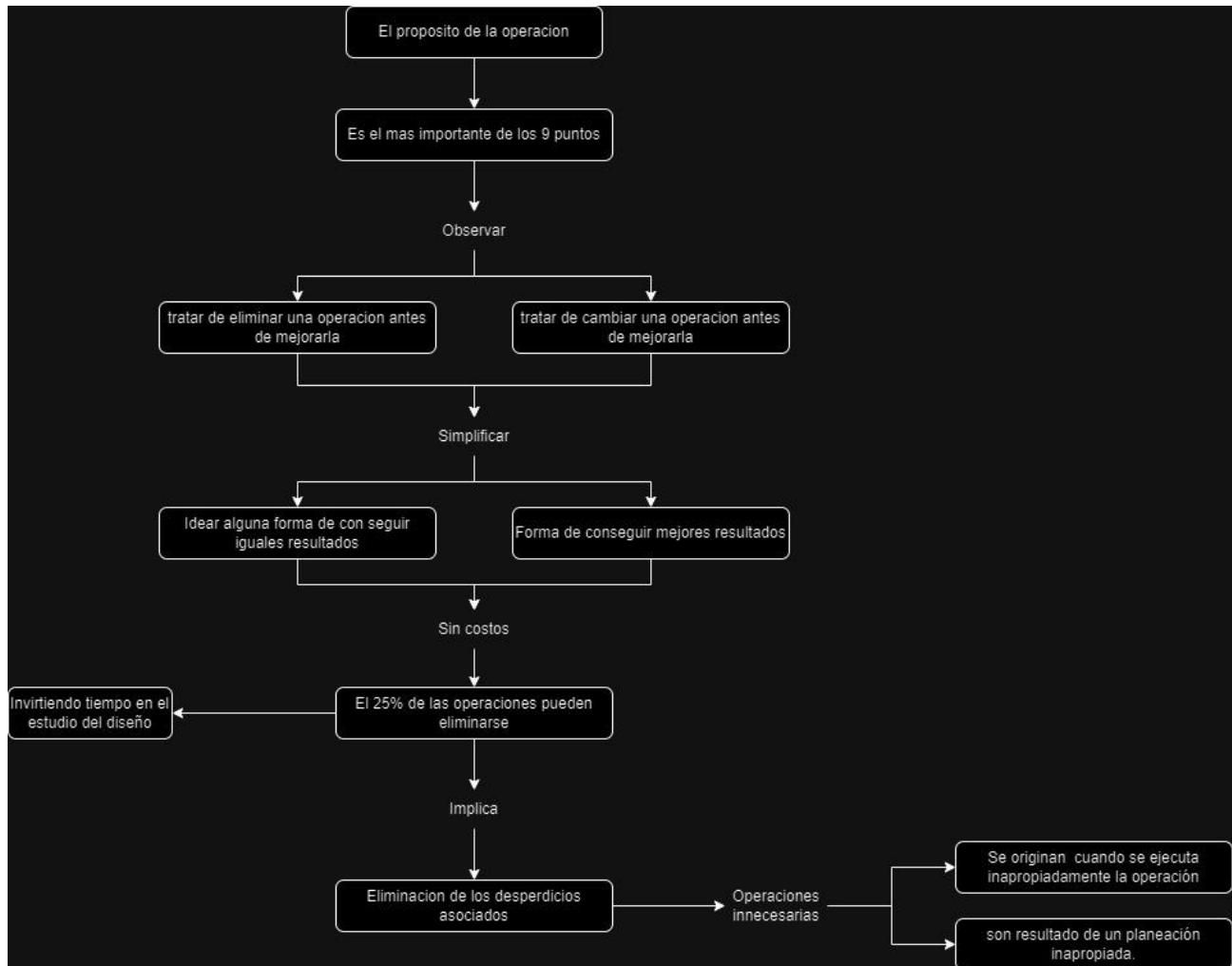
**Jose Pablo Mendoza Cabrera 2004121**

**Alejandro Maselli Hun 1111019**

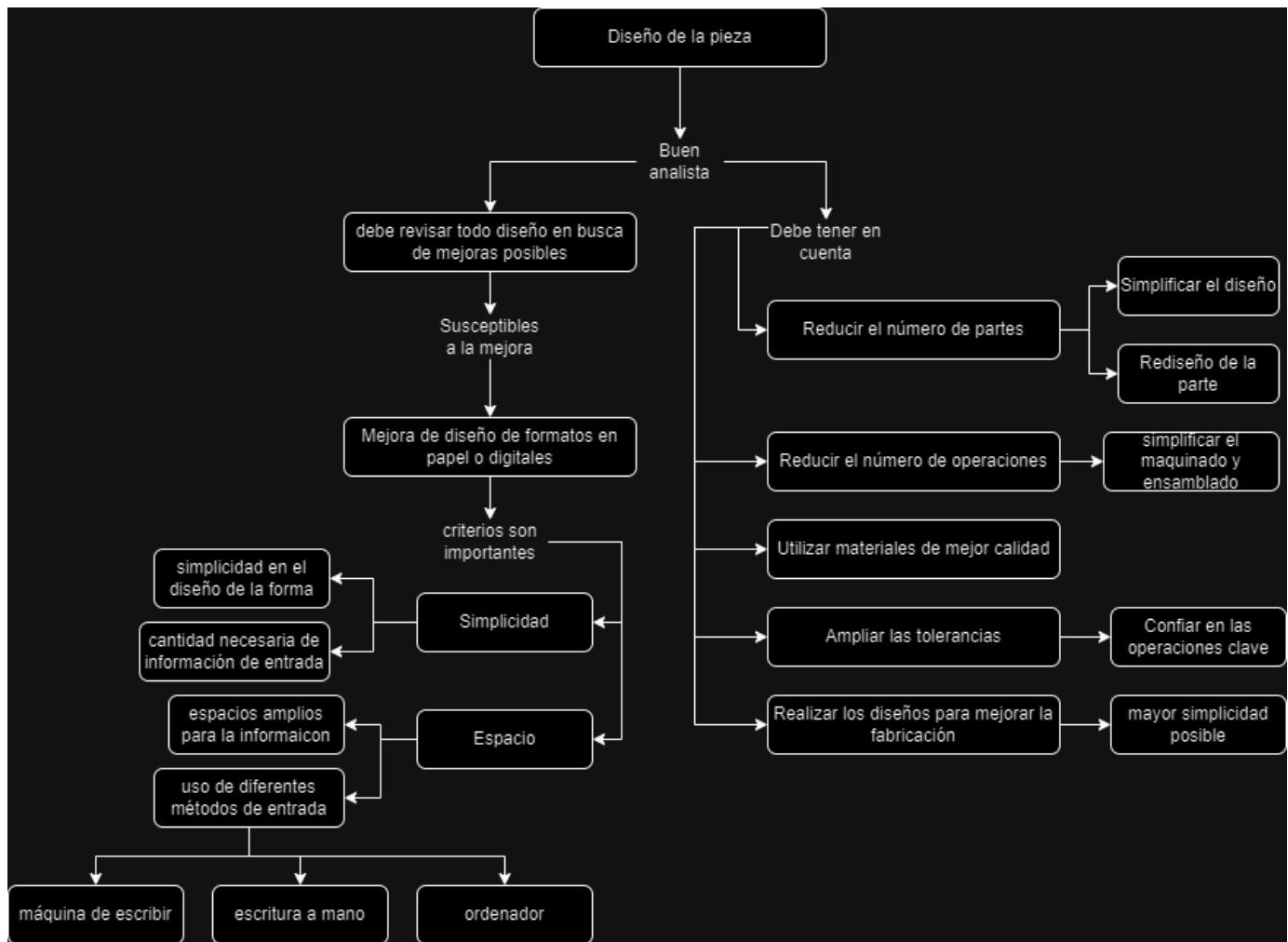
**Cristopher Gilberto Guerra Segura 1580518**

**Jaqueline Vanessa Marroquín Díaz 1070218**

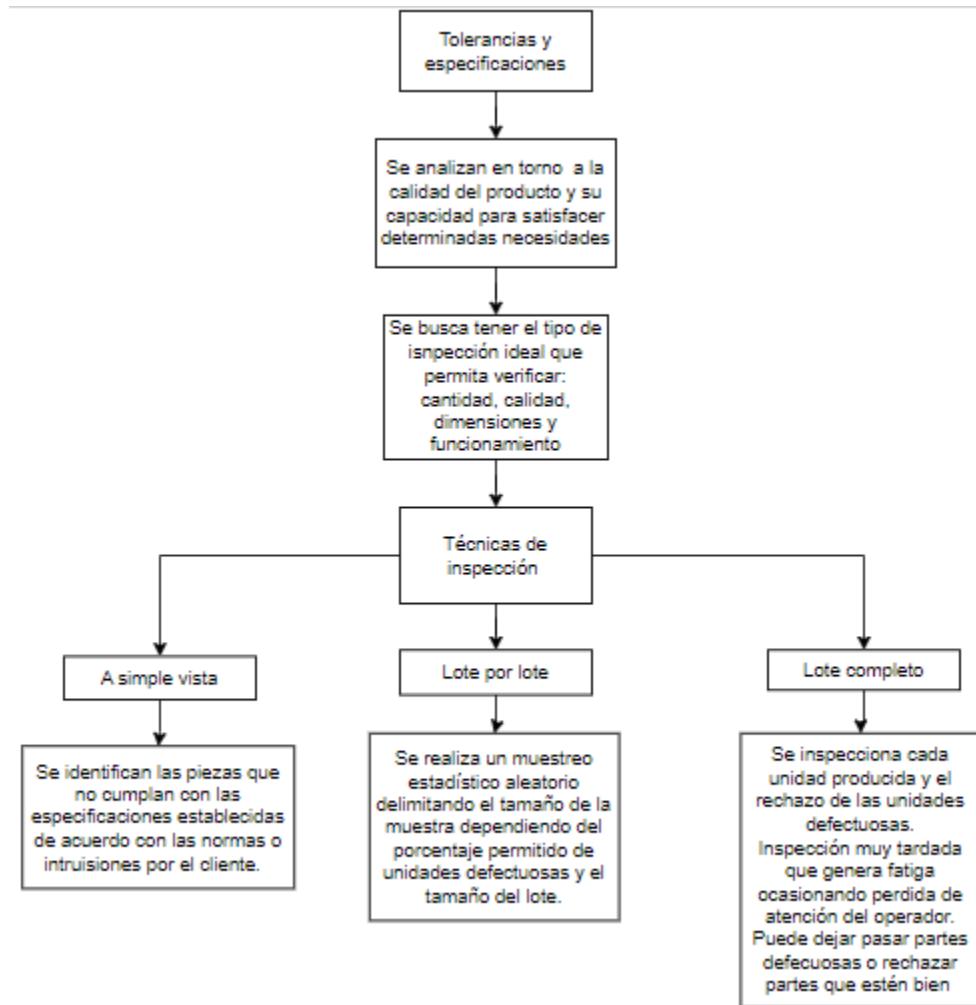
## 1. El propósito de la operación



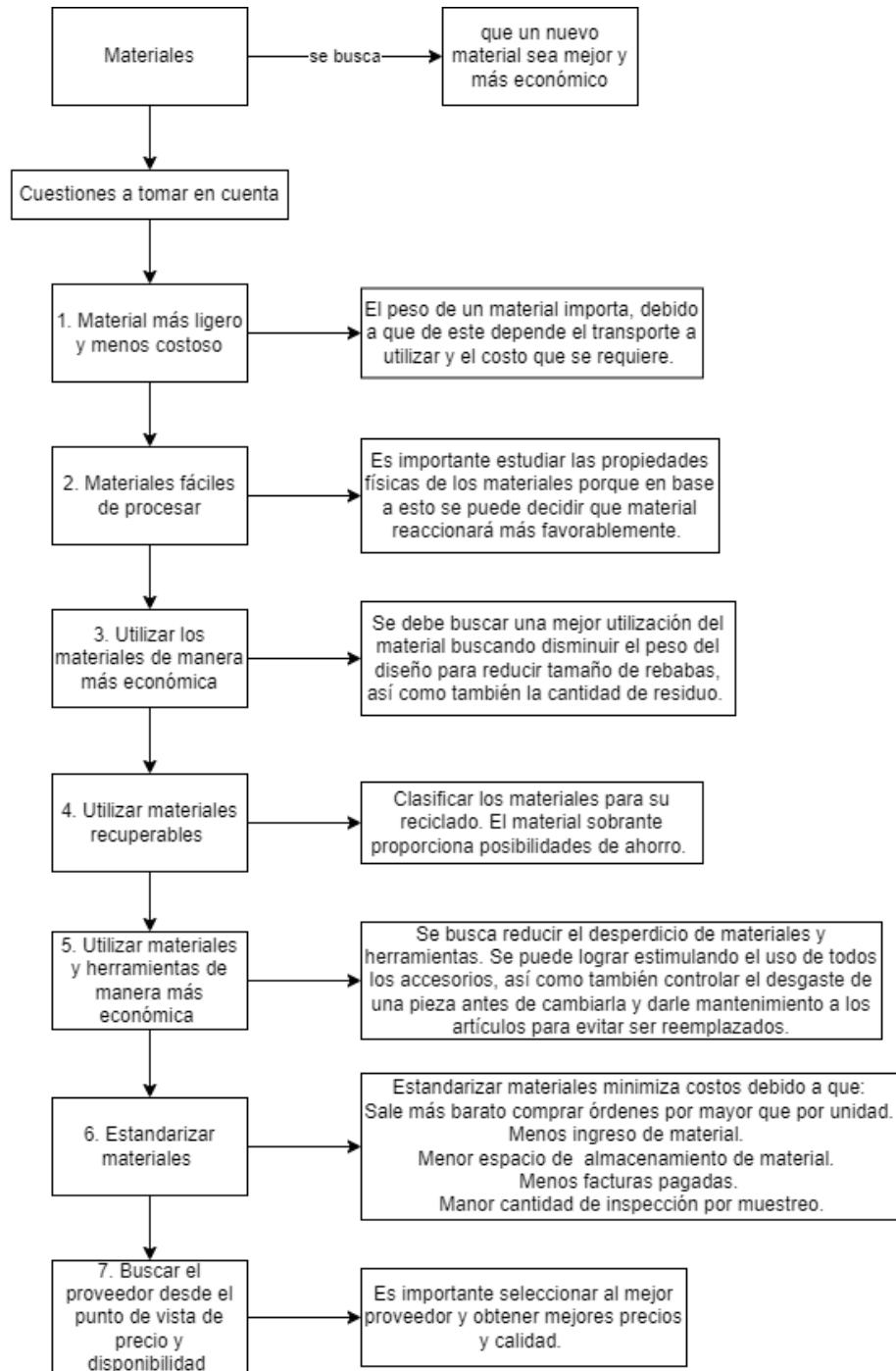
## 2. El diseño de la pieza



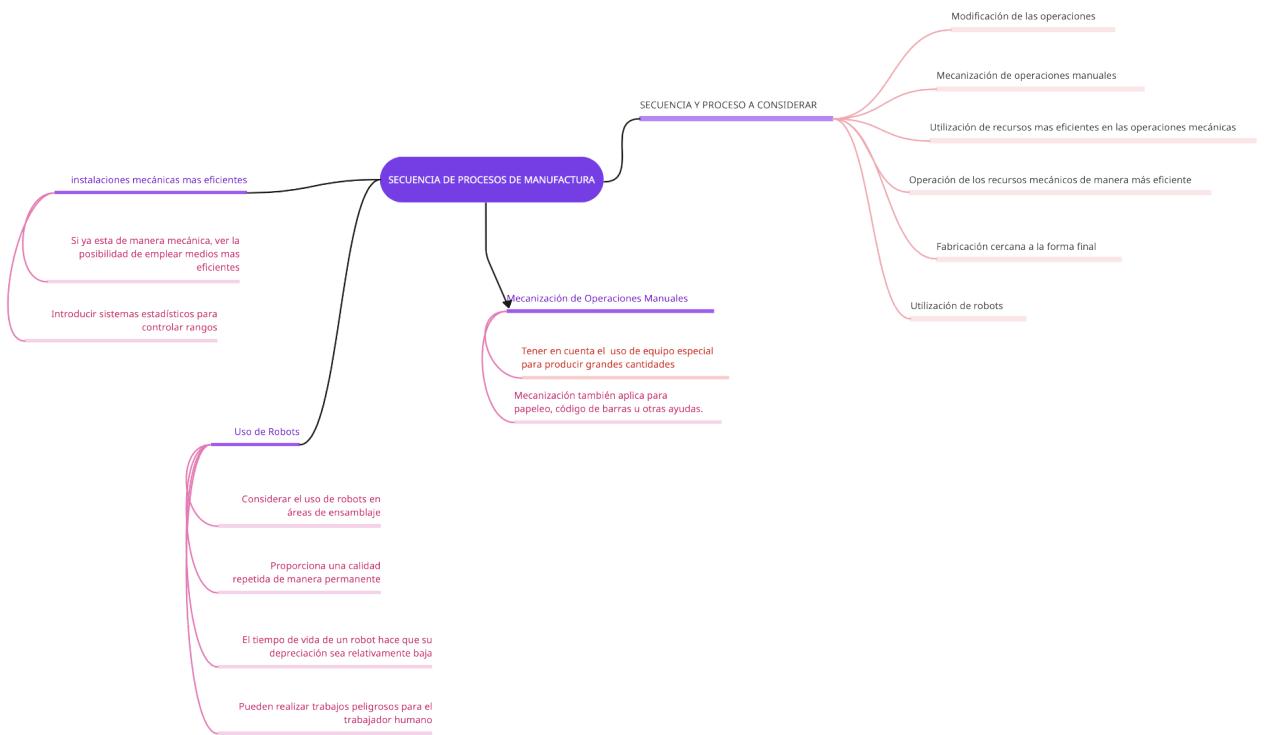
### 3. Las tolerancias y especificaciones (Jose)



#### 4. Los materiales que se utilizarán (Jose)



## 5. Las secuencias de los procesos de manufactura (Vanessa)



## 6. La preparación del lugar y las herramientas (Vanessa)



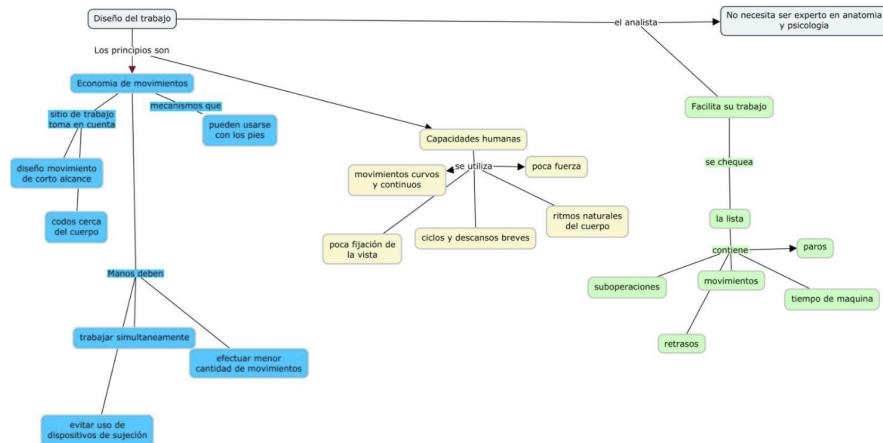
## 7. El manejo de materiales (Cristopher)



## **8. La distribución de las operaciones**



## 9. El diseño del trabajo



## 10. General

