

# MANUAL DE LABORATORIO DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES



Segundo Semestre 2024

## PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00-12:00	<b>Práctica 1:</b> Optimización de líneas de producción
Martes	08:00-12:00	<b>Práctica 2:</b> Gráficas de control para variables y atributos
Miércoles	08:00-12:00	<b>Práctica 3:</b> Mapa de la cadena de valor
Jueves	08:00-12:00	<b>Práctica 4:</b> Modelado y notación de procesos de negocio - BPMN
<b>La evaluación será virtual, según programación</b>		

### MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada grupo de estudiantes debe de traer el material que se le indica en la siguiente tabla.

No.	Reactivos y Material
1	Hojas en blanco Lapiceros <b>Computadora</b> Regla
2	Hojas en blanco Lapiceros <b>Computadora</b>
3	Hojas en blanco Lapiceros <b>Computadora</b> <b>Instalar diagrams.net</b>
4	Hojas en blanco Lapiceros <b>Computadora</b> <b>Instalar diagrams.net</b> <b>Crear una cuenta en bizagi:</b> <b><a href="https://www.bizagi.com/es/plataforma/pruebe-modeler">https://www.bizagi.com/es/plataforma/pruebe-modeler</a></b>

## INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría, (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

**La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.**

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **28 de octubre 2024 a las 8:00 al 1 de noviembre 2024 a las 18:00.**

## INFORME DE PRÁCTICA

Las secciones de las cuales consta un informe, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

- |                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| a. Encabezado.....                | 0 puntos   |
| b. Resumen de la teoría .....     | 20 puntos  |
| c. Objetivos .....                | 20 puntos  |
| d. Desarrollo del contenido ..... | 40 puntos  |
| e. Conclusiones .....             | 20 puntos  |
| f. Total .....                    | 100 puntos |

Si se encuentran dos informes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **RESUMEN DE LA TEORÍA:** Redactar un resumen, no mayor a una página, de los conceptos clave vistos en clase.

- b. **OBJETIVOS:** Son las metas que se desean alcanzar en la práctica. Se inician generalmente con un verbo, que guíara a la meta que se desea alcanzar, los verbos finalizan en AR, ER o IR, ejemplo: conocer, determinar, etc.
- c. **DESARROLLO DE CONTENIDO:** Esta sección corresponde al contenido del informe, aquello que se ha encargado realizar según las condiciones del laboratorio.
- d. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del informe. Son las decisiones tomadas, respuestas a interrogantes o soluciones propuestas a las actividades planteadas durante la práctica.

### **DETALLES FÍSICOS DEL INFORME**

- El informe debe presentarse en hojas de papel bond **tamaño carta**.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del informe deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**, a menos que se indique lo contrario.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

### **IMPORTANTE:**

Los informes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio **SIN EXCEPCIONES**. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. Todos los trabajos y reportes se deben de entregar en la semana de laboratorio no se aceptará que se entregue una semana después.

# PRÁCTICA NO. 1

## OPTIMIZACIÓN DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

### 1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Conocer los fundamentos de las líneas de producción.
- 1.2. Optimizar líneas de producción a través del balance de líneas.

### 2. Marco Teórico:

**Línea de producción:** es un sistema organizado de fabricación en el cual un producto se mueve a través de una serie de estaciones de trabajo específicas, cada una de las cuales realiza una parte del proceso de ensamblaje o producción. Este método se utiliza comúnmente en la manufactura en masa y tiene las siguientes características:

- **División del Trabajo:** El proceso de producción se divide en una serie de tareas más pequeñas y especializadas. Cada estación en la línea de producción se encarga de una tarea específica.
- **Secuencia de Operaciones:** Las estaciones están dispuestas en una secuencia lógica, de modo que cada paso en la línea de producción sigue al anterior de manera fluida.
- **Movilidad del Producto:** Los productos se mueven de una estación a otra, ya sea manualmente, mediante cintas transportadoras, carriles o sistemas automatizados.
- **Eficiencia:** Al dividir el trabajo en tareas específicas y repetitivas, las líneas de producción buscan maximizar la eficiencia y minimizar el tiempo de fabricación.
- **Estandarización:** La producción en masa requiere que los productos sean uniformes y cumplan con estándares de calidad específicos. Las líneas de producción ayudan a asegurar esta estandarización.

El concepto de la línea de producción fue popularizado por Henry Ford a principios del siglo XX con la fabricación del Modelo T de Ford, lo que permitió reducir drásticamente los costos y tiempos de producción y hacer que los automóviles fueran más asequibles para el público en general.

Desde el punto de vista de la ingeniería industrial, el análisis de las líneas de producción implica evaluar y optimizar varios aspectos del proceso de fabricación para maximizar la eficiencia, minimizar costos y asegurar la calidad del producto. Algunas áreas clave que se analizan:

1. **Estudio de tiempos y movimientos:** se evalúan los tiempos necesarios para realizar cada tarea y se identifican movimientos innecesarios. Este análisis ayuda a reducir el tiempo de ciclo y mejorar la eficiencia.
2. **Balanceo de la línea:** se busca distribuir las tareas de manera equitativa entre las diferentes estaciones de trabajo para evitar cuellos de botella y asegurar que ninguna estación esté sobrecargada o infrautilizada.
3. **Distribución de la planta:** se analiza la disposición física de las estaciones de trabajo para optimizar el flujo de materiales y minimizar el tiempo y esfuerzo necesarios para mover productos entre estaciones.
4. **Ergonomía:** se evalúan las condiciones de trabajo para asegurar que las tareas sean ergonómicamente adecuadas, reduciendo la fatiga y el riesgo de lesiones entre los trabajadores.

5. **Control de calidad:** se implementan y monitorean sistemas de control de calidad en diferentes puntos de la línea de producción para detectar y corregir defectos lo antes posible.
6. **Análisis de capacidad:** se determina la capacidad máxima de la línea de producción y se analiza si la capacidad actual puede satisfacer la demanda proyectada.
7. **Optimización del inventario:** se gestionan los niveles de inventario de materias primas, productos en proceso y productos terminados para minimizar costos de almacenamiento y evitar interrupciones en la producción.
8. **Implementación de tecnologías de información:** se utilizan sistemas de información y software especializado para monitorear y controlar la producción en tiempo real, mejorar la planificación y tomar decisiones informadas.
9. **Análisis de costos:** se analizan los costos asociados con la línea de producción, incluidos los costos de materiales, mano de obra, maquinaria y energía, para identificar oportunidades de reducción de costos.
10. **Métodos de manufactura esbelta (*lean manufacturing*):** se aplican principios de manufactura esbelta para eliminar desperdicios, mejorar la eficiencia y crear un flujo de producción más ágil y flexible.

Estas áreas de análisis permiten a los ingenieros industriales identificar problemas, proponer soluciones y mejorar continuamente la eficiencia y efectividad de las líneas de producción.

**Balanceo de línea:** es un proceso fundamental en la gestión de la producción, especialmente en sistemas de fabricación en masa, que tiene como objetivo distribuir las tareas de producción de manera equitativa entre las diferentes estaciones de trabajo. Este proceso busca minimizar el tiempo ocioso, maximizar la utilización de recursos y asegurar que la producción fluya sin interrupciones ni cuellos de botella.

#### Objetivos del Balanceo de Línea

1. Equilibrar la carga de trabajo: Distribuir las tareas de manera que cada estación de trabajo tenga una carga de trabajo similar.
2. Minimizar el tiempo de ciclo: Reducir el tiempo que toma completar una unidad de producción.
3. Maximizar la eficiencia: Aumentar la utilización de los recursos (mano de obra y maquinaria).
4. Reducir el tiempo ocioso: Minimizar los tiempos en los que las estaciones de trabajo están inactivas.
5. Eliminar cuellos de botella: Identificar y solucionar problemas que ralentizan la producción.

#### Métodos de Balanceo de Línea

1. Método de la Suma de Tiempos: Asignar tareas a estaciones de trabajo hasta que se alcance el tiempo de ciclo y luego pasar a la siguiente estación.
2. Método de la Mayor Reducción Posible de Tiempo de Ciclo: Priorizar la asignación de tareas que más reduzcan el tiempo de ciclo.
3. Método de la Cadena de Precedencia: Considerar las dependencias entre tareas y asignar tareas de manera que se respeten estas relaciones.

#### Herramientas y Técnicas

1. Diagramas de Precedencia: Representaciones gráficas que muestran el orden y las relaciones entre tareas.

2. Software de Simulación: Utilización de programas informáticos para modelar y optimizar la línea de producción.
3. Análisis de Pareto: Identificación de tareas que tienen un mayor impacto en el balanceo de línea.
4. Medición de tiempos: Por medio de los tiempos de trabajo se pueden optimizar la cantidad de empleados en cada estación.

#### Beneficios del Balanceo de Línea

1. Aumento de la Productividad: Mejora la eficiencia operativa y la producción diaria.
2. Reducción de Costos: Minimiza el tiempo ocioso y el uso de recursos.
3. Mejora en la Calidad: Reduce la variabilidad en el proceso de producción.
4. Mayor Flexibilidad: Facilita ajustes rápidos en respuesta a cambios en la demanda o en el diseño del producto.

**Medición de tiempos en el trabajo:** es una técnica utilizada en la ingeniería industrial para determinar el tiempo necesario para completar una tarea específica en un proceso de producción. Este método se basa en la observación y registro detallado de los tiempos que los trabajadores invierten en realizar diversas tareas y se utiliza para establecer estándares de tiempo, identificar ineficiencias y mejorar la productividad.

#### Propósitos de la medición de tiempos en el trabajo

1. Establecer estándares de tiempo: determinar tiempos estándar para completar tareas específicas, lo cual es crucial para la planificación y control de la producción.
2. Identificar ineficiencias: detectar actividades que consumen más tiempo del necesario y proponer mejoras.
3. Evaluar el desempeño: medir la eficiencia de los trabajadores y comparar su desempeño con los estándares establecidos.
4. Planificación de la producción: estimar con precisión los tiempos de producción y programar las operaciones de manera efectiva.
5. Balanceo de línea: distribuir equitativamente las tareas entre las estaciones de trabajo para evitar cuellos de botella y tiempos ociosos.

#### Proceso de medición de tiempos

1. Selección de la tarea: elegir la tarea o proceso a medir.
2. Definición del método: describir detalladamente el método estándar que se utilizará para realizar la tarea.
3. Entrenamiento del observador: asegurar que el observador esté capacitado para realizar mediciones precisas.
4. Registro de tiempos: utilizar cronómetros o dispositivos de medición para registrar el tiempo que toma completar la tarea en varias repeticiones.
5. Análisis de datos: calcular el tiempo promedio y ajustar para cualquier variabilidad, descanso y factores de fatiga.
6. Establecimiento de tiempos estándar: definir el tiempo estándar que se utilizará para planificar y evaluar la producción.

#### Técnicas de medición de tiempos

1. Cronometraje: utilización de cronómetros para medir el tiempo directamente mientras se observa la realización de la tarea.

2. Estudios de trabajo con vídeo: grabación de las tareas para un análisis posterior más detallado.
3. Muestreo de trabajo: observación y registro aleatorio de las tareas para estimar el tiempo total invertido en actividades específicas.
4. Sistemas de predeterminación de tiempos: uso de tablas y fórmulas preestablecidas para calcular tiempos estándar basados en movimientos básicos.

La medición de tiempos en el trabajo es crucial para el balanceo de líneas por las siguientes razones:

1. Precisión en la Asignación de Tareas: Con tiempos medidos con precisión, se pueden asignar tareas a las estaciones de trabajo de manera que se asegure que cada estación tenga una carga de trabajo equilibrada.
2. Identificación de Cuellos de Botella: Los tiempos medidos ayudan a identificar estaciones que están tomando más tiempo del permitido por el tiempo de ciclo, permitiendo acciones correctivas.
3. Optimización de la Capacidad: Con tiempos estándar establecidos, se puede calcular con precisión la capacidad de producción de cada estación y de la línea en su conjunto.
4. Evaluación Continua y Mejora: La medición constante de tiempos permite realizar ajustes y mejoras en el balanceo de la línea para mantener la eficiencia a medida que cambian las condiciones de producción.

**Tiempo Cronometrado (min/ud):** El tiempo cronometrado es el tiempo real que se mide directamente mediante un cronómetro mientras se observa la realización de una tarea específica. Este tiempo se registra en minutos por unidad y representa el tiempo que toma completar una tarea bajo condiciones específicas.

**Tiempo Normal (min/ud):** El tiempo normal se obtiene ajustando el tiempo cronometrado para tener en cuenta el ritmo o velocidad con la que el trabajador realiza la tarea. Este ajuste se hace para normalizar el tiempo a un ritmo estándar, lo que permite comparaciones más precisas entre diferentes trabajadores o condiciones de trabajo. Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo Cronometrado} \times (1 + \text{Factor de Ritmo})$$

El factor de ritmo o desempeño es un coeficiente que ajusta el tiempo cronometrado para reflejar un ritmo de trabajo considerado estándar (por ejemplo, un ritmo del 100%). En la tabla se presentan los factores del sistema Westinghouse para calificar varios aspectos que afectan el ritmo:

**Tabla 11.2** Sistema Westinghouse para calificar habilidades

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

**Tabla 11.3** Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.



**Tabla 11.4** Sistema Westinghouse para calificar las condiciones

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: Lowry, Maynard y Stegemerten (1940), p. 233.

### Tiempo Estándar (min/ud)

El tiempo estándar es el tiempo normal ajustado para incluir tolerancias por descanso, fatiga y demoras inevitables. Este tiempo se usa para planificar la producción y establecer objetivos de desempeño realistas. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Estándar} = \text{Tiempo Normal} \times (1 + \text{Factor de Tolerancia})$$

El factor de tolerancia se agrega para considerar el tiempo necesario para descansos y otras interrupciones no productivas. Las necesidades personales incluyen las interrupciones del trabajo para mantener el bienestar general del empleado; entre los ejemplos están los viajes para beber agua e ir al sanitario. Las condiciones generales de trabajo y la clase de tarea afectan el tiempo necesario de las demoras personales. Por ejemplo, condiciones de trabajo que incluyen trabajo pesado que se realiza a altas temperaturas, como el que se lleva a cabo en el cuarto de prensas de un departamento de moldeado de hule o en un taller de forjado en caliente, donde se requerirán holguras mayores para necesidades personales que el trabajo ligero que se realiza en áreas con temperatura agradable.

No existe una base científica para asignar un porcentaje numérico; sin embargo, la verificación detallada de la producción ha demostrado que una holgura de 5% para tiempo personal, o cerca de 24 minutos en 8 horas, es adecuada para condiciones de trabajo de un taller típico. Lazarus (1968) reportó que en 235 plantas de 23 industrias la holgura personal oscila entre 4.6 y 6.5%. Por lo tanto, la cifra de 5% parece ser adecuada para la mayoría de los trabajadores.

La holgura por fatiga básica es una constante que toma en cuenta la energía que se consume para realizar el trabajo y aliviar la monotonía. Se considera adecuado 4% del tiempo normal para un operario que hace trabajo ligero, sentado, bajo buenas condiciones de trabajo, sin demandas especiales sobre sus sistemas motrices o sensoriales. Entre 5% de holgura por necesidades personales y 4% de holgura por fatiga básica, la mayor parte de los operarios tienen 9% de holgura inicial constante, a la que se pueden agregar otras holguras, si es necesario.

### Rendimiento (ud/hr)

El rendimiento se refiere a la cantidad de unidades producidas por hora. Es una medida de la productividad y eficiencia de un proceso de producción. Se calcula dividiendo el número de unidades producidas por el tiempo total de producción en horas:

$$\text{Rendimiento} = \text{Número de Unidades Producidas} / \text{Tiempo Total de Producción en Horas}$$

## **Ritmo (unidades por min)**

El ritmo es una medida de la velocidad de producción, expresada en unidades producidas por minuto. Es útil para evaluar la rapidez con que se produce en un proceso y se calcula dividiendo el número de unidades producidas por el tiempo total de producción en minutos:

$$\text{Ritmo} = \text{Número de Unidades Producidas} / \text{Tiempo Total de Producción en Minutos}$$

Los tiempos cronometrado, normal y estándar, así como las métricas de rendimiento y ritmo, son fundamentales para el balanceo de líneas en la producción. Utilizarlos de manera adecuada ayuda a distribuir las tareas equitativamente, optimizar el flujo de trabajo y maximizar la eficiencia. A continuación, se describe cómo cada uno de estos tiempos y métricas puede aplicarse al balanceo de líneas:

### **1. Tiempo Cronometrado (min/ud)**

El tiempo cronometrado proporciona una medida directa del tiempo que toma completar cada tarea. Al balancear la línea, estos tiempos sirven como base para identificar y comparar la duración de cada tarea. Se utilizan para sescomponer el proceso de producción en tareas individuales con tiempos específicos e identificar tareas que pueden ser redistribuidas para equilibrar la carga de trabajo.

### **2. Tiempo Normal (min/ud)**

El tiempo normal ajusta el tiempo cronometrado para reflejar un ritmo estándar de trabajo. Este tiempo es esencial para establecer una base uniforme para comparar tareas y estaciones de trabajo y determinar la capacidad realista de cada estación, considerando un ritmo de trabajo estándar.

### **3. Tiempo Estándar (min/ud)**

El tiempo estándar incluye ajustes por tolerancias como descansos y demoras inevitables. Este tiempo es crucial para planificar la producción diaria, asegurando que las estaciones no estén sobrecargadas y determinar el número de estaciones necesarias para cumplir con el tiempo de ciclo requerido.

### **4. Rendimiento (ud/hr)**

El rendimiento mide la cantidad de unidades producidas por hora y se utiliza para evaluar la eficiencia de la línea de producción y comparar con objetivos de producción y ajustar la planificación de la producción, asegurando que la capacidad cumpla con la demanda.

### **5. Ritmo (unidades por min)**

El ritmo muestra la velocidad de producción en términos de unidades por minuto y es útil para calcular la velocidad de producción requerida para cumplir con los objetivos diarios y ajustar los tiempos de ciclo y balancear las tareas para mantener un flujo continuo de trabajo.

## HOJA DE TRABAJO 1

A continuación, se presentan una serie de casos de estudio, en cada uno de ellos realizar lo que se indica:

1. Calcular el tiempo normal y el tiempo estándar para cada tarea.
2. Calcular el número teórico de trabajadores necesarios en cada operación.

### Caso 1: Ejercicio de Balanceo de Línea en la Industria de Alimentos

Imagine que trabaja como ingeniero industrial en una planta de producción de alimentos que fabrica barras de granola. El proceso de producción se divide en varias tareas específicas, cada una con su propio tiempo cronometrado. La planta trabaja en turnos de 8 horas diarias y tiene una demanda de 480 barras de granola por día.

Las tareas involucradas en la producción de barras de granola son las siguientes:

Tarea	Descripción	Tiempo Cronometrado (min/ud)
A	Mezcla de ingredientes	3.0
B	Extendido de la mezcla	2.5
C	Corte de barras	2.0
D	Horneado	3.5
E	Enfriamiento	1.5
F	Empaque	2.5

#### Información Adicional

- **Duración de la Jornada:** 8 horas (480 minutos).
- **Demanda Diaria:** 480 barras de granola.
- **Habilidades de los Operarios:** Los operarios tienen habilidades promedio, la mayoría tienen varios años de laborar en esta empresa.
- **Esfuerzo Realizado:** Las tareas varían en esfuerzo físico; por ejemplo, la mezcla de ingredientes y el extendido de la mezcla requieren más esfuerzo físico, mientras que el corte y empaque son menos demandantes físicamente.
- **Condiciones de Trabajo:** Las condiciones en la planta son adecuadas, pero pueden influir en la eficiencia, como la temperatura del ambiente de trabajo en la zona de horneado y enfriamiento.

Luego de haber determinado el número de trabajadores, considere el caso de que la empresa solo esté dispuesta a contratar un máximo de 10 personas para el trabajo. ¿Puede cumplirse con la demanda? De no ser así, ¿cuál es la capacidad máxima de la planta?

## Caso 2: Ejercicio de Balanceo de Línea en la Industria de Cosméticos

Imagine que trabaja como ingeniero industrial en una planta de producción de cosméticos que fabrica cremas faciales. El proceso de producción se divide en varias tareas específicas, cada una con su propio tiempo cronometrado. La planta trabaja en turnos de 8 horas diarias y tiene una demanda de 800 cremas faciales por día.

Las tareas involucradas en la producción de cremas faciales son las siguientes:

Tarea	Descripción	Tiempo Cronometrado (min/ud)	Factor de Ritmo	Factor de Tolerancia
A	Mezcla de ingredientes	4.0	1.0	0.10
B	Envasado del producto	3.0	1.1	0.10
C	Colocación de tapa	2.0	0.9	0.10
D	Etiquetado del envase	1.5	1.2	0.10
E	Inspección de calidad	2.5	1.0	0.10
F	Empaque individual	3.5	1.1	0.10
G	Empaque en cajas	2.5	1.0	0.10
H	Paletización	4.0	0.9	0.10
I	Almacenamiento	3.0	1.1	0.10
J	Limpieza de equipo	5.0	1.0	0.10

### Información Adicional

- **Duración de la Jornada:** 8 horas (480 minutos).
- **Demanda Diaria:** 800 cremas faciales.
- **Habilidades de los Operarios:** Los operarios tienen habilidades promedio y trabajan a diferentes ritmos, como se refleja en el factor de ritmo.
- **Esfuerzo Realizado:** Las tareas varían en esfuerzo físico; por ejemplo, la mezcla de ingredientes y la paletización requieren más esfuerzo físico, mientras que el etiquetado y la inspección son menos demandantes físicamente.
- **Condiciones de Trabajo:** Las condiciones en la planta son deficientes, por ejemplo, la temperatura del ambiente de trabajo en la zona de mezcla y envasado.

Luego de haber determinado el número de trabajadores, considere el caso de que la empresa solo esté dispuesta a contratar un máximo de 20 personas para el trabajo. ¿Puede cumplirse con la demanda? De no ser así, ¿cuál es la capacidad máxima de la planta?

### Caso 3: Ejercicio de Balanceo de Línea en la Industria Farmacéutica

Imagine que trabaja como ingeniero industrial en una planta de producción de medicamentos que fabrica tabletas de paracetamol. El proceso de producción se divide en varias tareas específicas, cada una con su propio tiempo cronometrado. La planta trabaja en turnos de 8 horas diarias y tiene una demanda de 1,000 tabletas de paracetamol por día.

Las tareas involucradas en la producción de tabletas de paracetamol son las siguientes:

Tarea	Descripción	Tiempo Cronometrado (min/ud)
A	Pesaje de ingredientes	2.0
B	Mezcla de ingredientes	3.5
C	Granulación	4.0
D	Secado	2.5
E	Compresión de tabletas	3.0
F	Recubrimiento	3.5
G	Inspección visual	2.0
H	Empaque primario	2.5
I	Empaque secundario	3.0
J	Etiquetado	2.0

#### Información Adicional

- **Duración de la Jornada:** 8 horas (480 minutos).
- **Demanda Diaria:** 1,000 tabletas de paracetamol.
- **Habilidades de los Operarios:** Los operarios tienen habilidades sobresalientes por la elevada capacitación que han recibido.
- **Esfuerzo Realizado:** Las tareas varían en esfuerzo físico; por ejemplo, la mezcla y granulación requieren más esfuerzo físico, mientras que la inspección y etiquetado son menos demandantes físicamente.
- **Condiciones de Trabajo:** Las condiciones en la planta son excelentes.

Luego de haber determinado el número de trabajadores, considere el caso de que la empresa solo esté dispuesta a contratar 5 personas menos de las que necesita para el trabajo. ¿Puede cumplirse con la demanda? De no ser así, ¿cuál es la capacidad máxima de la planta?

#### Caso 4. Balanceo de Línea en la Industria de Servicios

Imagine que trabaja como ingeniero industrial en un centro de llamadas (*call center*) que brinda soporte técnico a clientes de una empresa de software. El proceso de atención se divide en varias tareas específicas, cada una con su propio tiempo cronometrado. El centro de llamadas opera en turnos de 8 horas diarias y tiene una demanda de 500 consultas resueltas por día.

##### Información de las Tareas

Las tareas involucradas en la atención de llamadas de soporte técnico son las siguientes:

Tarea	Descripción	Tiempo Cronometrado (min/llamada)
A	Recepción de llamada y saludo inicial	0.5
B	Verificación de identidad del cliente	1.5
C	Comprensión del problema del cliente	3.0
D	Diagnóstico del problema	4.0
E	Propuesta de solución	2.5
F	Implementación de la solución	5.0
G	Verificación de la resolución del problema	3.0
H	Cierre de la llamada y despedida	1.0
I	Documentación de la llamada	2.0
J	Preparación para la siguiente llamada	1.0

##### Información Adicional

- **Duración de la Jornada:** 8 horas (480 minutos).
- **Demanda Diaria:** 500 consultas resueltas.
- **Habilidades de los Trabajadores:** Los trabajadores tienen habilidades promedio.
- **Esfuerzo Realizado:** Las tareas varían en esfuerzo mental y concentración; por ejemplo, la comprensión del problema y el diagnóstico requieren mayor esfuerzo cognitivo, mientras que la recepción de llamadas y la documentación son menos demandantes.
- **Condiciones de Trabajo:** Las condiciones en el centro de llamadas son adecuadas, pero factores como el ruido ambiente y la ergonomía de las estaciones de trabajo pueden influir en la eficiencia.

## PRÁCTICA NO. 2

### GRÁFICAS DE CONTROL PARA VARIABLES

#### 1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Comprender los conceptos para la creación de una gráfica de control para variables.
- 1.2. Interpretar las gráficas de control de variables para la toma de decisiones.

#### 2. Marco Teórico:

**Variación:** está presente en todo proceso, debido a una combinación de equipo, materiales, ambiente y operador. La primera fuente de variación es el **equipo**. Esta causa comprende desgaste de herramientas, vibración de la máquina, posicionamiento del soporte de la pieza, y fluctuaciones hidráulicas y eléctricas. Cuando se juntan todas estas variaciones se define una cierta capacidad o precisión dentro de la cual el equipo funciona. Aun las máquinas supuestamente idénticas tienen diferentes capacidades, y eso se vuelve una consideración muy importante cuando se programa la producción de partes críticas.

La segunda fuente de variación es el **material**. Como hay variación en el producto terminado, también debe existir en la materia prima (que es el producto terminado de alguien más). Cabe esperar que características de la calidad, como resistencia a la tensión, ductilidad, espesor, porosidad y contenido de humedad contribuyan a la variación general del producto final.

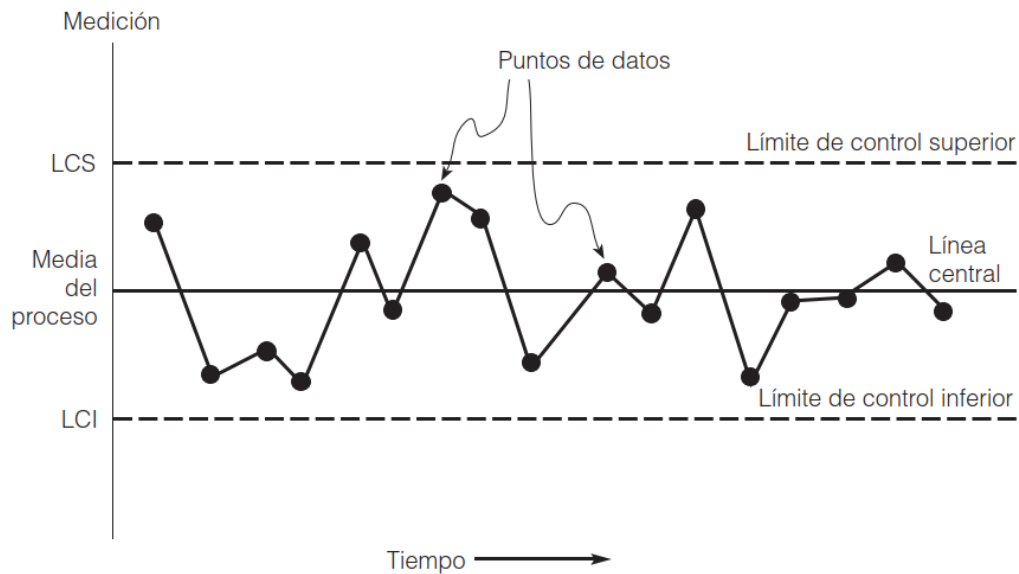
Una tercera causa es el **ambiente**. La temperatura, iluminación, radiación, descarga electrostática, tamaño de partícula, presión y humedad pueden contribuir a las variaciones en el producto. Para controlar esta causa, algunas veces los productos se fabrican en “cuartos blancos”. Los experimentos que se hacen en el espacio exterior son para aprender más acerca del efecto del ambiente sobre la variación de los productos.

Una cuarta fuente es el **operador**. Esa fuente de variación comprende el método con el que el operador efectúa la operación. El bienestar físico y emocional del operador también puede contribuir a la variación. Un dedo cortado, un tobillo torcido, un problema personal o un dolor de cabeza pueden hacer que el desempeño de un operador varíe respecto a la calidad. Cuando un operador no comprende las variaciones de equipos y materiales, por falta de entrenamiento, puede causar frecuentes ajustes de máquina y con ello complicar la variabilidad. A medida que los equipos se han automatizado cada vez más, ha disminuido el efecto del operador sobre la variación.

Esas cuatro fuentes juntas causan la variación real. También hay una variación citada, que se debe a la actividad de **inspección**. Un equipo defectuoso de inspección, la aplicación incorrecta de una norma de calidad, o demasiada presión en un micrómetro pueden ser la causa de un informe incorrecto sobre la variación.

Mientras esas fuentes de variación fluctúen en una forma natural o esperada, se produce un patrón estable de muchas causas fortuitas (**causas aleatorias**) de variación. Las causas aleatorias de variación son inevitables. Las causas de variación que son de gran magnitud, y en consecuencia fácilmente identificables, se clasifican como **causas asignables**. Cuando sólo hay causas aleatorias en un proceso, se considera que el proceso está en (o bajo) control estadístico. Es un estado estable y predecible. Sin embargo, cuando también está presente una causa de variación asignable, la variación será excesiva y se dice que el proceso está fuera de control, o que sale de la variación natural esperada.

**Método de la gráfica de control:** es un medio de visualizar las variaciones que se presentan en la tendencia central y en la dispersión de un conjunto de observaciones. Es un registro gráfico de la calidad de determinada característica. Muestra si el proceso está o no en un estado estable.



La recta continua en el centro de la gráfica puede tener tres interpretaciones diferentes, que dependen de los datos disponibles. En primer lugar, y lo más común, puede ser el promedio de los puntos graficados, que en el caso de una gráfica de medias es el promedio de promedios, o (“X doble barra”). En segundo lugar, puede ser un valor patrón o de referencia, basado en datos anteriores representativos, un valor económico basado en costos de producción o necesidades de servicio, o un valor objetivo, basado en especificaciones. En tercer lugar, puede ser la media poblacional, si se conoce ese valor.

Las dos líneas externas interrumpidas son los **límites de control superior e inferior**. Esos límites se establecen para ayudar a juzgar la importancia de las variaciones en la calidad del producto o servicio. Con frecuencia, los límites de control se confunden con los **límites de especificación**, que son los límites admisibles de una característica de calidad de cada unidad individual de un producto. Sin embargo, los límites de control se usan para evaluar las variaciones en la calidad de un subgrupo a otro.

Las gráficas de control para variables se aplican a características de calidad de naturaleza continua, que intuitivamente son aquellas que entre cualquier par de sus valores siempre puede existir otro, al menos en teoría. El límite de esto lo pone la resolución de la escala de medición del instrumento que se utiliza para medirla. Ejemplos de características continuas son: peso, volumen, ángulo, voltaje, longitud, resistencia, temperatura, humedad, tiempo, etc. Las gráficas para variables tipo Shewhart más usuales son:

- $\bar{X}$  (de medias).
- R (de rangos).
- S (de desviaciones estándar).
- X (de medidas individuales).

El nombre de una gráfica de control se debe al correspondiente estadístico que se representa en la gráfica. Este estadístico permite estudiar el comportamiento en el tiempo de algún aspecto relevante de la característica de calidad, típicamente su localización o dispersión.

**Objetivos de las gráficas de control de variables:** Las gráficas de control de variables proporcionan la información:

1. **Para mejorar la calidad.** El tener una gráfica de control de variables sólo porque indica que hay un programa de control de calidad es estar en un error. Una gráfica de control de variables es una técnica excelente para obtener el mejoramiento de la calidad.



**2. Para determinar la capacidad del proceso.** La capacidad real del proceso sólo se puede alcanzar después de haber mejorado la calidad en forma sustancial. Durante el ciclo de mejoramiento de la calidad, la gráfica de control indicará que ya no es posible mejorarla sin una apreciable inyección de dinero. En ese punto se obtiene la capacidad real del proceso.

**3. Para tomar decisiones respecto a las especificaciones del producto.** Una vez obtenida la capacidad real del proceso, se pueden determinar las especificaciones efectivas. Por ejemplo, si la capacidad del proceso es  $\pm 0.003$ , entonces el personal de operación puede obtener especificaciones de  $\pm 0.004$  en forma realista.

**4. Para decisiones del momento respecto al proceso de producción.** Primero, se necesita una decisión para juzgar si existe un control. Si no existe, se usa la gráfica de control para obtenerlo. Una vez obtenido el control, se usa la gráfica de control para mantenerlo. Entonces, la gráfica de control se usa para decidir cuándo existe un patrón natural de variación, y se debe dejar solo el proceso, y cuándo está sucediendo una pauta de variación no natural que requiere tomar acciones para encontrar y eliminar las causas asignables.

A este respecto, el personal de operación está obteniendo un desempeño en calidad mientras los puntos de la gráfica estén dentro de los límites de control. Si ese desempeño no es satisfactorio, la responsabilidad es del sistema y no del operador.

**5. Para decisiones del momento respecto a artículos producidos recientemente.** Así, la gráfica de control se usa como una fuente de información para ayudar a decidir si uno o varios elementos deben liberarse a la siguiente fase de la producción, o si se debe ejecutar una disposición alternativa, como clasificarlo y repararlo.

Estos objetivos dependen con frecuencia entre sí. Por ejemplo, se necesita mejorar la calidad antes de determinar la capacidad real del proceso, lo cual se necesita saber antes de determinar las especificaciones efectivas. Las gráficas de control de variables deben establecerse para alcanzar determinado objetivo. Su uso debe suspenderse cuando se haya alcanzado el objetivo, o continuar su uso con inspecciones apreciablemente reducidas.

**Gráfica  $\bar{X}$  (de medias) y R (de rangos):** a veces llamada gráfica "x barra", son diagramas para variables que se aplican a procesos masivos, en donde en forma periódica se obtiene un subgrupo de productos, se miden y se calcula la media y el rango R para registrarlos en la gráfica correspondiente. El rango R es la diferencia entre el valor mayor y menor de cada muestra.

En general se usan los promedios en las gráficas de control y no las observaciones individuales porque los valores promedio indican la existencia de una variación con mucha mayor rapidez. También, con dos o más observaciones en una muestra, se puede obtener una medida de la dispersión para determinado subgrupo.

**Técnicas para elaborar gráficas de control X barra y de rangos:** para establecer un par de gráficas de control para el promedio y el rango (R), es preferible apegarse a un procedimiento establecido. A continuación, se presentan los pasos de este procedimiento:

**1. Seleccionar la característica de calidad:** la característica que se escoja para elaborar una gráfica y R debe ser una característica de la calidad que se pueda medir y expresar en números.

**2. Escoger el subgrupo racional:** seleccionar las muestras de subgrupo del producto o servicio que se obtienen en un momento en el tiempo, o tan cerca de ese momento en el tiempo como sea posible. Los lotes de donde se toman los subgrupos deben ser homogéneos. Esto quiere decir que las piezas del lote sean tan parecidas como sea posible: la misma máquina, el mismo operador, misma cavidad de molde, etcétera.

Por la facilidad de cómputo, un tamaño de muestra de 5 es bastante común en la industria; sin embargo, cuando se usan calculadoras electrónicas de bolsillo ya no es válida esa razón. Cuando el tamaño de subgrupo es

mayor que 10, se debe usar la gráfica S en lugar de la gráfica R para controlar la dispersión. Se recomienda apoyarse en las técnicas de muestreo para determinar la cantidad de inspecciones a realizar.

No hay una regla para determinar la frecuencia de toma de subgrupos, pero debe ser la suficiente para detectar cambios del proceso. Las incomodidades de la distribución de la fábrica u oficinas, y el costo de tomar subgrupos, deben balancearse con el valor de los datos obtenidos. En general, lo mejor es muestrear con bastante frecuencia al principio, y reducir la frecuencia cuando lo permitan los datos.

**3. Reunir los datos.** Suponiendo que ya se seleccionaron la característica de la calidad y el plan para subgrupo racional, se puede asignar a un técnico la tarea de reunir los datos como parte de sus tareas normales. El supervisor de primera línea y el operador deben estar informados de las actividades del técnico; sin embargo, todavía no se ponen gráficas o datos en lugares visibles del centro de trabajo.

Es necesario reunir un mínimo de 25 subgrupos de datos. Menos subgrupos no permiten tener una cantidad suficiente de datos para calcular con exactitud la línea central y los límites de control, y más subgrupos demorarían la implantación de la gráfica de control. Cuando los subgrupos se obtienen con lentitud podrá preferirse obtener conclusiones preliminares con menos subgrupos.

**4. Determinar en forma tentativa la línea central y los límites de control.** Los límites tentativos de control para las gráficas se establecen en  $\pm 3$  desviaciones estándar del valor central, como se indica en las siguientes fórmulas:

Línea central = Promedio de los datos

LCS = Promedio de los datos + 3 \* desviación estándar poblacional de los datos

LCI = Promedio de los datos – 3 \* desviación estándar poblacional de los datos

En la práctica, los cálculos se simplifican usando el producto del rango por un factor ( $A_2$ ) para reemplazar las 3 desviaciones estándar en las fórmulas para la gráfica X barra. En la gráfica R, se usa el rango para estimar la desviación estándar del rango. Entonces, las fórmulas deducidas son:

Para la gráfica X barra:

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

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

$\bar{\bar{X}}$  representa el promedio del promedio de los datos.

Para la gráfica R:

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

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

Los factores A y D se presentan en la tabla al final del manual. Para la gráfica X barra, los límites de control superior e inferior son simétricos respecto a la línea central. Teóricamente, los límites de control para una gráfica R también deberían ser simétricos respecto a la línea central. Pero para que se dé ese caso, con subgrupos de tamaño 6 o menor, se necesitaría que el límite inferior de control tuviera un valor negativo. Como es imposible un rango negativo, el límite inferior de control se ubica en 0, asignando el valor 0 a  $D_3$ , para subgrupos de 6 o menores.

La interpretación correcta de los límites de control es de especial relevancia para una adecuada aplicación de la gráfica X barra, ya que de lo contrario se caerá en el error de confundir los límites de control con las especificaciones o con los límites reales. Por lo general, estos errores provocan que se trate de utilizar la carta

para evaluar capacidad, cuando se debe usar para analizar estabilidad y detectar de manera oportuna cambios en la media del proceso.

**5. Establecer la línea central y los límites de control revisados.** El siguiente paso es adoptar valores estándar para las líneas centrales, o dicho en forma más correcta, de la mejor estimación de los valores estándar, con los datos disponibles. Si en un análisis de los datos preliminares resulta que hay un buen control, se podrá considerar entonces que las gráficas son representativas del proceso, y se convierten en los valores estándar. Se puede describir en forma sucinta que un buen control es el que no tiene puntos fuera de control, no tiene corridas largas en alguno de los lados de la línea central, y que no tiene pautas anómalas de variación.

Si el valor  $\bar{X}$  barra o R de un subgrupo está fuera de control y tiene una causa asignable, los dos valores se desechan, o sólo se desecha el valor que esté fuera de control dentro del subgrupo. Una vez desechados los datos anómalos, con justificación, se vuelve a calcular los límites de control y la línea central. El objetivo es obtener la mejor estimación de esos valores estándar poblacionales. Los datos preliminares de los 25 subgrupos iniciales no se grafican con los límites de control revisados. Estos límites son para informar los resultados de los subgrupos futuros. Para usar con eficiencia la gráfica de control durante la producción, ésta debe mostrarse en un lugar conspicuo, donde la puedan ver los operadores y los supervisores.

Las líneas centrales y los límites de control  $3\sigma$ , para las operaciones reales, se obtienen usando los valores estándar y las siguientes fórmulas:

$$\sigma_0 = \frac{R_{\text{rev}}}{d_2}$$

Para la gráfica X barra:

$$LCS = \bar{\bar{X}}_{\text{rev}} + A\sigma_0$$

$$LCI = \bar{\bar{X}}_{\text{rev}} - A\sigma_0$$

$\bar{\bar{X}}$  representa el promedio del promedio de los datos.

Para la gráfica R:

$$LCS = D_2\sigma_0$$

$$LCI = D_1\sigma_0$$

Donde el subíndice “rev” indica que se han eliminado del cálculo aquellos puntos con causas asignables.

**6. Alcanzar el objetivo.** Cuando se introducen las gráficas de control por primera vez en un centro de trabajo, suele mejorar el desempeño del proceso. Esta mejora inicial se nota en especial cuando el proceso depende de la habilidad del operador. La mayoría de los trabajadores desean producir un artículo de alta calidad, en consecuencia, cuando la gerencia muestra que le interesa la calidad, el operador responde.

Cuando se ha alcanzado el objetivo de iniciar el uso de las gráficas, se debe discontinuar, o se debe reducir la frecuencia de la inspección hasta sólo una operación de vigilancia por parte del operador. Se debe tratar entonces de mejorar alguna otra característica de la calidad. Si intervino un equipo de proyecto, se le debe felicitar por su papel, y se debe desintegrar.

**Gráfica S (de desviaciones estándar):** Cuando con una carta X barra - R se quiere tener mayor potencia para detectar cambios pequeños en el proceso, se incrementa el tamaño de subgrupo. Pero si el tamaño del subgrupo es mayor a 10, la carta de rangos ya no es eficiente para detectar cambios en la variabilidad del proceso, y en su lugar se recomienda utilizar la carta S, en la que se grafican las desviaciones estándar de los subgrupos. Para construir una gráfica S se utiliza el mismo procedimiento anterior, solo cambia la metodología para calcular los límites de control superior e inferior:

Para la gráfica X barra:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$$

$$LCI = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$$

Para la gráfica S:

$$LCS = B_4\bar{s}$$

$$LCI = B_3\bar{s}$$

Las líneas centrales y los límites de control  $3\sigma$ , para las operaciones reales, se obtienen usando los valores estándar y las siguientes fórmulas:

$$\sigma_0 = \frac{\bar{s}_{rev}}{c_4}$$

Para la gráfica X barra:

$$LCS = \bar{\bar{X}}_{rev} + A\sigma_0$$

$$LCI = \bar{\bar{X}}_{rev} - A\sigma_0$$

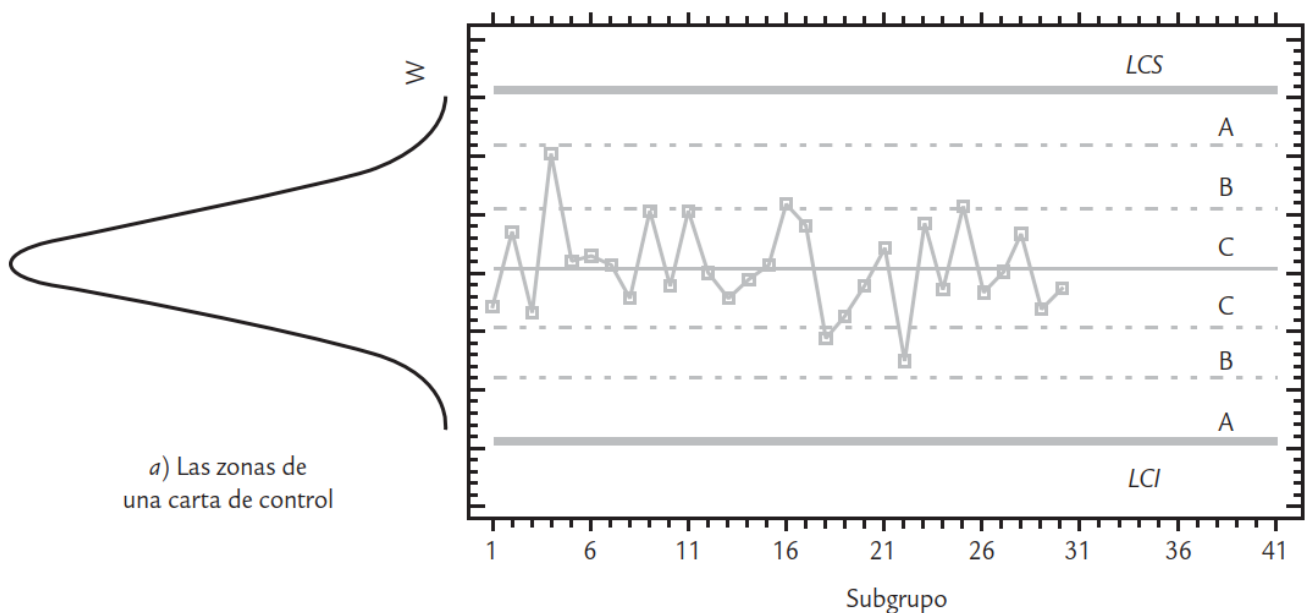
Para la gráfica S:

$$LCS = B_6\sigma_0$$

$$LCI = B_5\sigma_0$$

Donde el subíndice "rev" indica que se han eliminado del cálculo aquellos puntos con causas asignables.

**Interpretación de las cartas de control y causas de la inestabilidad:** la señal de que se ha detectado una causa especial de variación (o señal de que hay un cambio especial en el proceso) se manifiesta cuando un punto cae fuera de los límites de control, o cuando los puntos graficados en la carta siguen un comportamiento no aleatorio (por ejemplo, una tendencia ascendente, un movimiento cíclico, etc.). Por el contrario, la gráfica indica que es un proceso estable (bajo control estadístico), cuando sus puntos caen dentro de los límites de control y fluctúan o varían de manera aleatoria (con una apariencia errática, sin un orden) a lo ancho de la carta, con tendencia a caer cerca de la línea central. Para facilitar la identificación de patrones no aleatorios, lo primero que se hace es dividir la carta de control en seis zonas o bandas iguales, cada una con amplitud similar a la desviación estándar del estadístico que se grafica.



Se pueden identificar patrones en el comportamiento según la posición de los valores en estas zonas especiales:

**Patrón 1. Desplazamientos o cambios en el nivel del proceso.** Este patrón ocurre cuando uno o más puntos se salen de los límites de control o cuando hay una tendencia larga y clara a que los puntos consecutivos caigan de un sólo lado de la línea central. Los criterios más usuales para ver si este patrón se ha presentado son:

- Un punto fuera de los límites de control.
- Hay una tendencia clara y larga a que los puntos consecutivos caigan de un sólo lado de la línea central. Tres pruebas concretas para este patrón son:
  - Ocho o más puntos consecutivos de un sólo lado de la línea central.
  - Al menos 10 de 11 puntos consecutivos caen de un mismo lado de la línea central.
  - Por lo menos 12 de 14 puntos consecutivos ocurren por un mismo lado de la línea central.

**Patrón 2. Tendencias en el nivel del proceso.** Este patrón consiste en una tendencia hacia arriba (o hacia abajo) de los puntos en la carta. Para determinar si hay una tendencia en el proceso se tienen los siguientes criterios:

- Seis o más puntos consecutivos en ascenso (o descenso).
- Un movimiento demasiado largo de puntos hacia arriba (o abajo) de la gráfica de control, aunque no todos los puntos en ascenso (o descenso).

En ocasiones, pueden presentarse tendencias aparentes que son ocasionadas por variaciones naturales y del muestreo del proceso, por eso la tendencia debe ser larga para considerarla algo especial.

**Patrón 3. Ciclos recurrentes (periodicidad).** Otro movimiento no aleatorio que pueden presentar los puntos en las gráficas es un comportamiento cíclico de los puntos.

**Patrón 4. Mucha variabilidad.** Una señal de que en el proceso hay una causa especial de mucha variación se manifiesta mediante una alta proporción de puntos cerca de los límites de control, en ambos lados de la línea central, y pocos o ningún punto en la parte central de la gráfica. Los criterios para detectar una alta proporción de puntos cerca o fuera de los límites son los siguientes:

- Ocho puntos consecutivos en ambos lados de la línea central con ninguno en la zona C.

**Patrón 5. Falta de variabilidad (estatificación).** Una señal de que hay algo especial en el proceso es que prácticamente todos los puntos se concentren en la parte central de la carta, es decir, que los puntos reflejen poca variabilidad o estatificación. Para detectar la falta de variabilidad se tienen los siguientes criterios:

- Quince puntos consecutivos en la zona C, arriba o abajo de la línea central.

Cuando alguno de los patrones anteriores se presenta en una gráfica, es señal de que en el proceso hay una situación especial (proceso inestable o fuera de control estadístico), la cual provoca que los puntos no estén variando de manera aleatoria dentro de la gráfica.

**Índice de estabilidad:** mide qué tan inestable es un proceso y se obtiene dividiendo el número de puntos especiales entre el total de puntos graficados en una gráfica.

$$S_t = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Número total de puntos}} \times 100$$

Para interpretar el índice de inestabilidad  $S_t$ , se parte de que su valor ideal es cero, que ocurre cuando no hubo puntos especiales. Aunque no existen acuerdos de qué tan pequeño tiene que ser el índice  $S_t$  para considerar

que un proceso posee una buena estabilidad, nosotros creemos que un valor entre 0 y 2% corresponde a un proceso con una estabilidad relativamente buena, de 2 a 4%, regular y en adelante se considera como un proceso inestable.

**La gráfica de individuales:** es un diagrama para variables de tipo continuo, pero en lugar de aplicarse a procesos semimasivos o masivos como es el caso de la gráfica X barra - R, se emplea en procesos lentos, en los cuales para obtener una muestra de la producción se requerirían periodos relativamente largos, de aquí que lo más razonable sea hacer el control basándose directamente en las mediciones individuales. Ejemplos de este tipo de procesos son:

- Procesos químicos que trabajan por lotes.
- Industria de bebidas alcohólicas, en las que deben pasar desde una hasta más de 100 horas para obtener resultados de los procesos de fermentación y destilación.
- Procesos en los que las mediciones cercanas sólo difieren por el error de medición. Por ejemplo, temperaturas en procesos, humedad relativa en el medio ambiente, etcétera.
- Algunas variables administrativas cuyas mediciones se obtienen cada día, cada semana o más. Por ejemplo, mediciones de productividad, de desperdicio, de consumo de agua, electricidad, combustibles, etcétera.

En estos casos, la mejor alternativa es usar una carta de individuales, donde cada medición particular de la variable que se quiere analizar se registra en una carta.

Para la gráfica X:

$$LCS = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \qquad LCI = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$\bar{R}$  se convierte en la diferencia entre las lecturas individuales, el tamaño de la muestra se asume en 2.

Para la gráfica R:

$$LCS = D_4 \bar{R} \qquad LCI = D_3 \bar{R}$$

Las gráficas pueden ser construidas en cualquier *software* especializado en el manejo de datos estadísticos, en la práctica se verá el uso de un complemento de Excel gratuito conocido como **SPCCharts**, desarrollado por Samuel Buttrey en el 2009 para la revista de *software* estadístico.

**Atributo:** el término atributo, tal como se usa en control de calidad, quiere decir que las características de la calidad son conformes con las especificaciones, o que no son conformes con las especificaciones.

Se usan los atributos:

1. Cuando no es posible hacer mediciones, por ejemplo, de elementos que se inspeccionan visualmente como color, partes faltantes, rayaduras y daños.
2. Cuando se pueden hacer mediciones, pero no se hacen debido al tiempo, costo o necesidad. En otras palabras, aunque el diámetro de un agujero se puede medir con un micrómetro de interiores, podrá preferirse usar un calibrador pasa - no pasa, y determinar si el agujero está fabricado de manera conforme o no con las especificaciones.

Cuando un atributo no se encuentra conforme con las especificaciones se usan varios términos descriptivos. Una **no conformidad** es una desviación de una característica de la calidad respecto a un valor o estado pretendido, que se presenta con una severidad suficiente como para hacer que el producto o servicio respectivo no cumpla con un requisito de una especificación. La definición de un **defecto** es similar, pero concierne a la

satisfacción de requisitos pretendidos de uso normal, o razonablemente previsibles. El uso del término defecto es adecuado cuando la evaluación es en términos de uso, y no conformidad es adecuado respecto a la conformidad con las especificaciones.

**Limitaciones de las gráficas de control para variables:** las gráficas de control para variables son métodos excelentes para controlar la calidad para entonces mejorarla; sin embargo, tienen sus limitaciones. Una limitación obvia es que no se pueden usar para características de calidad que sean atributos. La inversa no es cierta, porque una variable puede cambiarse a un atributo, indicando que se apega (conforme) o no se apega (no conforme) con las especificaciones. En otras palabras, las no conformidades, como partes faltantes, color incorrecto, etc., no son medibles, y no se les puede aplicar una gráfica de control.

Otra limitación es el hecho de que hay muchas variables en una unidad manufacturera. Hasta una planta manufacturera pequeña podría tener hasta 1000 características variables de calidad. Como para cada característica se necesita una gráfica X y R, se necesitarían 1000 gráficas. Es claro que eso sería muy costoso e impráctico. Una gráfica de control para atributos también puede minimizar esa limitación al presentar información general sobre la calidad a una fracción del costo de las anteriores.

**Gráficas para atributos:** se considerarán las siguientes gráficas. Hay dos grupos diferentes de gráficas de control para atributos. Uno es para unidades no conformes. El otro grupo de gráficas es para no conformidades.

- Gráfica p
- Gráfica np
- Gráfica c
- Gráfica u

**Objetivos de las gráficas de atributos:**

1. Determinar el nivel promedio de la calidad.
2. Llamar la atención de la administración cuando hay cambios en el promedio.
3. Mejorar la calidad del producto.
4. Evaluar el desempeño del personal y de la administración respecto a la calidad.
5. Sugerir lugares para usar gráficas X barra y R.
6. Determinar los criterios de aceptación de un producto antes de enviarlo al cliente.

**Elaboración de la gráfica de atributos para tamaño constante de subgrupo:** los procedimientos generales que se aplican a las gráficas de control para variables, también se aplican a la gráfica de atributos:

1. Seleccionar la o las características de calidad.
2. Determinar el tamaño del subgrupo y el método.
3. Reunir los datos.
4. Calcular la línea central y los límites de control tentativos.
5. Establecer la línea central y los límites de control revisados.
6. Alcanzar el objetivo.

**Gráfica p:** se usa para datos consistentes en la proporción de cantidad de ocurrencias de un evento entre la cantidad total de ocurrencias. Se usa en control de calidad para presentar la fracción o porcentaje de no conformes en un producto, característica de calidad o grupo de características de calidad. Como tal, la fracción de no conformes es la proporción de la cantidad de no conformes en una muestra o subgrupo, entre la cantidad total en la muestra o subgrupo. En símbolos, la fórmula es:

$$p = \frac{\text{número de unidades defectuosas}}{\text{número de unidades del subgrupo}}$$

En general, la fracción p de no conformes es pequeña, digamos que 0.10 o menos. Excepto en circunstancias extraordinarias, los valores mayores que 0.10 indican que la organización está en serias dificultades, y que se requieren medidas más drásticas que una gráfica de control. Como la fracción de no conformes es muy pequeña, los tamaños de subgrupo deben ser muy grandes para obtener una gráfica que tenga sentido.

Para seleccionar el tamaño de subgrupo se requieren algunas observaciones preliminares para formarse una idea aproximada de la proporción de no conformes y un juicio del número promedio de unidades no conformes con las que se obtendría una gráfica adecuada. Se sugiere un número mínimo de 50 como punto de partida. Un método preciso para determinar el tamaño de muestra consiste en aplicar la fórmula:

$$n = p(1 - p) \left( \frac{Z_{\alpha/2}}{E} \right)^2$$

Donde:

- n = tamaño de muestra.
- p = estimación de la proporción de no conformes en la población. Si no se dispone de alguna estimación, suponer el “peor caso” de p = 0.50. Por seguridad se debe estimar por exceso.
- $Z_{\alpha/2}$  = coeficiente de distribución normal (valor Z) para el área entre las dos colas. Esa área representa el equivalente decimal del límite de confianza. Generalmente se utiliza un valor de 1.96 que representa un límite de confianza del 95%.
- E = error máximo admisible en la estimación de p, también se llama precisión deseada. Suele ser del 10%.

Se sugiere repetir periódicamente el cálculo de n durante el estudio para obtener una mejor estimación de p. Cuando el tamaño de subgrupo n no se mantiene constante a lo largo de las muestras se tienen dos alternativas: la primera es usar el tamaño promedio de subgrupo, en lugar de n. La segunda es construir una gráfica de control con límites variables.

Los límites de control de la gráfica p con tamaño de subgrupo constante, están dados por:

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \qquad LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$$

Los límites de control reflejan la realidad del proceso. Así que mientras la proporción de defectos siga cayendo dentro de los límites de control y no haya ningún otro patrón especial, será señal de que el proceso funciona igual que siempre; bien o mal, pero su desempeño se encuentra dentro de lo previsto. Al igual que con las gráficas de control de variables, se deben revisar los límites de control, eliminando los datos que salgan de los límites calculándolos nuevamente, utilizando las mismas ecuaciones.

**Gráfica np:** la gráfica de número de no conformes, o gráfica np, es casi igual que la gráfica p; sin embargo, no se usan las dos para el mismo objetivo. La gráfica np es más fácil de comprender para el personal de operación, que la gráfica p. También, los resultados de la inspección se anotan directamente en ella, sin hacer más cálculos. Si se permite variar el tamaño de subgrupo, variarán la línea central y los límites de control, lo cual dará como resultado una gráfica casi sin sentido.

Por consiguiente, uno de los límites de una gráfica np es el requisito que el tamaño de subgrupo sea constante. Ese tamaño de muestra debe indicarse en la gráfica para que los que la vean tengan un punto de referencia. Como la gráfica de número de no conformes es matemáticamente equivalente a la gráfica de proporción de no conformes, la línea central y los límites de control cambian en un factor de n. Las fórmulas son:



$$LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$LCI = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

Se sigue el mismo procedimiento para construir la gráfica que en las demás variantes.

**Gráfica c:** el objetivo de la carta c es analizar la variabilidad del número de defectos por subgrupo, cuando el tamaño de éste se mantiene constante. El otro grupo de gráficas para atributos es el de las gráficas de no conformidades. Mientras que una gráfica p controla la proporción de no conformes en el producto o servicio, la gráfica de no conformidades controla el conteo o la cuenta de no conformidades dentro del producto o servicio. Regularmente, se evalúa la cantidad de no conformidades que posee una unidad.

Como esas gráficas se basan en la distribución de Poisson, deben cumplirse dos condiciones. La primera es que la cuenta promedio de no conformidades debe ser mucho menor que la cuenta total posible de no conformidades. En otras palabras, la oportunidad de que haya no conformidades es grande, mientras que la probabilidad de que haya una no conformidad en cualquier lugar determinado es muy pequeña. La segunda condición específica que las ocurrencias sean independientes. En otras palabras, que la ocurrencia de una no conformidad no aumente o disminuya la probabilidad de que la siguiente sea una no conformidad. Las fórmulas para calcular los límites de control tentativos son:

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Donde  $\bar{c}$  es la cuenta promedio de no conformidades para varios subgrupos. Note que los límites de control son simétricos, pero la distribución de Poisson no lo es, de manera que se requiere una aproximación razonable de la Poisson por la normal, la cual se comienza a tener cuando la tasa de falla  $\bar{c}$  es mayor que 5. Si no se da la aproximación se observarán más falsas alarmas de las esperadas.

**Gráfica u:** cuando se presentan casos en los que varía el tamaño de subgrupo, entonces la gráfica u (cuenta de no conformidades/unidad) es la gráfica adecuada. La gráfica u es matemáticamente equivalente a la gráfica c. Se elabora en la misma forma que la gráfica c, con la recolección de 25 subgrupos, cálculo de la línea central y los límites de control tentativos, estimación de la cuenta estándar o de referencia de no conformidades por unidad, y el cálculo de los límites revisados. Las fórmulas que se usan en el procedimiento son:

$$u = \frac{c}{n}$$

Para los límites de control:

$$LCS = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LCI = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Los límites de control revisados se obtienen sustituyendo  $\bar{u}$  por  $\bar{u}_{rev}$  en la fórmula de límites de control tentativos. Como varía el tamaño del subgrupo, se calculan los límites de control para cada subgrupo. Otra alternativa es determinar un tamaño promedio de muestra.

La gráfica u es idéntica a la gráfica c, en todos sus aspectos, excepto en dos. Una diferencia es la escala, que es continua para una gráfica u, pero discreta para la gráfica c. Esta diferencia permite tener más flexibilidad en la gráfica u, porque el tamaño del subgrupo puede variar. La otra diferencia es el tamaño del subgrupo, que es 1 para la gráfica c.

## HOJA DE TRABAJO 2

**Caso 1.** Un proceso continuo de producción de frituras debe empacar bolsas de 200 g, se toman muestras de con subgrupos de un tamaño de 5 unidades cada 10 minutos y son pesadas. Los resultados se encuentran en la tabla. Construya las gráficas de control X barra, R y S en papel milimetrado primero y luego en una hoja de cálculo. Determine los límites de control  $3\sigma$ . Determine el índice de inestabilidad e interprételo.

Subgrupo	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5
1	200.2	199.7	200.4	200.2	200.2
2	199.6	199.4	200.7	199.8	199.4
3	199.7	199.7	199.6	200.2	200
4	199.5	199.7	199.6	200.2	200.2
5	197.8	196.1	198.7	197.5	199.8
6	199.2	199.7	200.3	199.9	200.1
7	200.1	200.1	200.6	200.0	199.4
8	200.4	200.1	200.6	200.2	199.6
9	200.0	200.7	199.5	200.2	199.9
10	199.5	199.8	200.0	200.5	199.6
11	199.6	199.3	199.7	200.0	200.3
12	200.8	199.3	199.3	200.3	200.3
13	200.7	199.1	199.6	200.8	200.7
14	200.2	200.1	200.8	200.0	200.0
15	199.7	200.3	199.8	200.0	200.0
16	200.4	199.9	199.7	200.4	199.5
17	199.8	200.7	199.8	199.8	199.3
18	199.8	200.5	199.6	200.2	199.5
19	199.3	200.4	199.8	200.1	199.5
20	199.4	200.0	199.7	200.4	200.1
21	200.1	199.8	199.2	200.0	199.3
22	200.3	200.0	200.0	200.0	199.4
23	199.7	199.8	200.0	199.8	200.4
24	199.9	199.8	199.9	200.7	199.8
25	200.2	199.8	199.9	199.3	199.4

**Caso 2.** En una planta de producción de alcohol medicinal se controla frecuentemente la concentración de alcohol, esta se debe mantener en un 70%=0.70 en porcentaje de volumen. Los resultados se encuentran en la tabla. Construya las gráficas de control X barra, R y S en papel milimetrado primero y luego en una hoja de cálculo. Determine los límites de control  $3\sigma$ . Determine el índice de inestabilidad e interprételo.

Subgrupo	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5
1	0.73	0.74	0.69	0.68	0.65
2	0.73	0.70	0.74	0.72	0.70
3	0.66	0.68	0.66	0.78	0.76
4	0.67	0.70	0.67	0.66	0.78
5	0.65	0.66	0.69	0.72	0.76
6	0.76	0.71	0.71	0.69	0.74
7	0.75	0.63	0.66	0.61	0.77
8	0.71	0.70	0.71	0.75	0.66
9	0.76	0.66	0.70	0.68	0.75
10	0.69	0.76	0.77	0.67	0.61
11	0.70	0.69	0.70	0.75	0.70
12	0.67	0.74	0.75	0.63	0.71
13	0.72	0.66	0.66	0.64	0.78
14	0.65	0.74	0.68	0.72	0.69
15	0.66	0.78	0.62	0.72	0.77
16	0.63	0.70	0.74	0.63	0.71
17	0.72	0.70	0.67	0.69	0.68
18	0.64	0.64	0.75	0.64	0.68
19	0.68	0.70	0.69	0.71	0.69
20	0.76	0.64	0.69	0.67	0.72
21	0.68	0.68	0.79	0.72	0.70
22	0.78	0.64	0.70	0.66	0.71
23	0.67	0.69	0.68	0.68	0.71
24	0.73	0.70	0.73	0.72	0.76
25	0.71	0.76	0.63	0.71	0.73

**Caso 3.** En una planta de producción de piezas metálicas se controla la longitud de un elemento mecánico, esta se debe mantener en un valor de 10 cm y son medidos cada hora. Los resultados se encuentran en la tabla. Construya las gráficas de control X y R en papel milimetrado primero y luego en una hoja de cálculo. Determine los límites de control  $3\sigma$ . Determine el índice de inestabilidad e interprételo.

Subgrupo	Medida	Subgrupo	Medida
1	10.0	14	10.0
2	9.7	15	10.0
3	10.1	16	10.1
4	10.2	17	10.0
5	10.3	18	9.9
6	9.9	19	10.0
7	10.0	20	9.9
8	10.0	21	10.0
9	10.1	22	10.0
10	10.0	23	10.1
11	9.9	24	9.8
12	9.9	25	9.8
13	9.7		

**Caso 4.** En una planta de producción de jalea se controla la cantidad de azúcar en el jarabe, esta debe ser de 30 °B, y se monitorea cada 10 minutos. Los resultados se encuentran en la tabla. Construya las gráficas de control X y R en papel milimetrado primero y luego en una hoja de cálculo. Determine los límites de control  $3\sigma$ . Determine el índice de inestabilidad e interprételo.

Subgrupo	Medida	Subgrupo	Medida
1	29	14	29
2	29	15	29
3	31	16	29
4	28	17	28
5	29	18	29
6	30	19	30
7	31	20	31
8	31	21	30
9	30	22	31
10	29	23	30
11	30	24	30
12	29	25	29
13	32		

**Caso 5.** En una empresa del ramo metalmeccánico se fabrican válvulas. Después del proceso de fundición se realiza una inspección y las piezas que no cumplen con ciertas características son rechazadas. Las razones del rechazo son diversas: piezas incompletas, porosas, mal formadas, etc. Para evaluar la variabilidad y la magnitud de la proporción de piezas defectuosas en el proceso de fundición se decide implementar una carta p. El proceso de fundición se hace por lotes. En la tabla se muestran los datos obtenidos durante una semana para cierto tipo de válvulas. Aunque regularmente el tamaño de lote es fijo,  $n = 300$ , en ocasiones, por diferentes motivos, en algunos lotes se hacen unas cuantas piezas de más o de menos.

Lote	Tamaño de lote	Unidades defectuosas	Lote	Tamaño de lote	Unidades defectuosas
1	300	15	11	300	9
2	300	12	12	300	4
3	300	15	13	300	7
4	300	7	14	300	9
5	300	16	15	305	5
6	300	6	16	295	15
7	300	18	17	300	19
8	280	10	18	300	7
9	290	9	19	300	12
10	300	15	20	300	10
			21	300	4

- Calcule los límites de control utilizando el tamaño de subgrupo (lote) promedio.
- Construya la gráfica correspondiente e interprétela.
- ¿El proceso es estable?
- ¿Se puede considerar que la calidad del proceso es aceptable? Argumente su respuesta.
- Obtenga una gráfica p con límites de control variables. ¿Qué diferencias observa con respecto a la gráfica obtenida en el ejercicio anterior?
- Suponga que todos los lotes tienen el mismo tamaño (el promedio), calcule los límites de control para una gráfica np e interprételos. Grafique la correspondiente gráfica np y analícela.
- ¿Cuál gráfica p o la np sería la más conveniente en este caso? Argumente.

**Caso 6.** En un proceso se produce por lotes y éstos se prueban al 100%. Se lleva un registro de la proporción de artículos defectuosos por diferentes causas. Los datos de los últimos 25 lotes se muestran en la tabla.

Lote	Tamaño	Defectuosos	Lote	Tamaño	Defectuosos
1	200	21	14	200	21
2	200	20	15	200	25
3	200	27	16	200	29
4	200	33	17	200	20
5	200	22	18	220	28
6	200	40	19	220	18
7	180	27	20	220	24
8	180	23	21	200	13
9	180	20	22	200	23
10	200	26	23	200	12
11	200	28	24	200	19
12	200	21	25	200	26
13	200	23			

- Obtenga una gráfica p usando el tamaño de subgrupo (lote) promedio.
- ¿Cómo explicaría los límites de control que obtuvo a alguien que no tiene conocimientos profundos de estadística?
- Obtenga una gráfica p con límites de control variables.
- Suponiendo que todos los lotes tienen el mismo tamaño (el promedio), obtenga una gráfica np.
- ¿Observa alguna diferencia importante entre la gráfica p y la np?

**Caso 7.** En un banco se compilaron los datos de la tabla siguiente, sobre la cuenta de no conformidades para 100,000 transacciones de contabilidad por día, durante diciembre y enero. Suponga que todos los puntos fuera de control tienen causas asignables.

Día	Cuenta de no conformidades	Día	Cuenta de no conformidades
1	8	14	17
2	19	15	14
3	14	16	9
4	18	17	7
5	11	18	15
6	16	19	22
7	8	20	19
8	15	21	38
9	21	22	12
10	8	23	13
11	23	24	5
12	10	25	2
13	9	26	16

- ¿Es adecuado hacer un análisis mediante una gráfica p? Argumente.
- Calcule los límites de control.
- Obtenga la gráfica c y analícela.
- ¿El proceso es estable?
- ¿El nivel de calidad se puede considerar satisfactorio?

**Caso 8.** Determine los límites de control tentativos y los límites de control revisados para una gráfica u, con los datos de la tabla siguiente, de acabado superficial en rollos de papel blanco.

Lote	Muestra	No conformidades totales	Lote	Muestra	No conformidades totales
1	10	45	15	10	48
2	10	51	16	11	35
3	10	36	17	10	39
4	9	48	18	10	29
5	10	42	19	10	37
6	10	5	20	10	33
7	10	33	21	10	15
8	8	27	22	10	33
9	8	31	23	11	27
10	8	22	24	10	23
11	12	25	25	10	25
12	12	35	26	10	41
13	12	32	27	9	37
14	10	43	28	10	28

## PRÁCTICA NO. 3

### MAPEO DE LA CADENA DE VALOR

#### 1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Conocer los fundamentos para el mapeo de la cadena de valor.
- 1.2. Construir un diagrama para representar la cadena de valor de una empresa.

#### 2. Marco Teórico:

**Mapeo de la cadena de valor:** el Value Stream Mapping (VSM), o Mapeo de la Cadena de Valor, es una herramienta fundamental en la metodología *Lean* que se utiliza para analizar y diseñar el flujo de materiales y la información necesaria para llevar un producto o servicio desde su inicio hasta el cliente final. Este enfoque permite visualizar todos los pasos involucrados en un proceso y destacar tanto las actividades que añaden valor como las que no.

Objetivos del Value Stream Mapping:

- Visualizar el flujo de trabajo completo: desde el suministro de materias primas hasta la entrega del producto o servicio final al cliente.
- Identificar y eliminar desperdicios: al resaltar actividades que no añaden valor.
- Mejorar la eficiencia y efectividad: optimizando el flujo de trabajo para reducir tiempos y costos.
- Comunicación y colaboración: facilitando el entendimiento compartido del proceso entre todos los miembros del equipo y partes interesadas.

**Metodología para realizar el VSM:** Construir un mapeo de la cadena de valor es un proceso detallado y metódico que involucra varias etapas clave para capturar y analizar el flujo de materiales e información en una organización. El objetivo es visualizar el proceso completo, identificar desperdicios y diseñar un flujo de trabajo más eficiente. Aquí se describe cómo se realiza paso a paso.

Primero, se debe seleccionar la familia de productos o servicios que se va a mapear. Esto implica escoger aquellos productos o servicios que comparten un flujo de valor similar y representan una parte significativa del negocio. Es fundamental involucrar a un equipo multidisciplinario que incluya personas de diferentes áreas de la organización para tener una visión completa del proceso.

Con el equipo listo, se define el alcance del mapa. Es crucial decidir desde dónde hasta dónde se va a mapear el proceso, lo que puede abarcar desde los proveedores hasta los clientes finales. Esto ayuda a delimitar el trabajo y a enfocarse en la cadena de valor relevante.

El siguiente paso es la recopilación de información. Aquí, se observa y documenta el flujo actual de materiales e información. Esto puede incluir la recolección de datos sobre tiempos de ciclo, tiempos de espera, niveles de inventario, frecuencia de entrega, entre otros. La observación directa en el lugar donde ocurre el trabajo es esencial para obtener datos precisos y actualizados.

Una vez recopilada la información, se procede a dibujar el mapa del estado actual. Este mapa es una representación visual del proceso tal como está actualmente. Se utilizan símbolos estandarizados para



representar diferentes elementos del flujo de valor. Por ejemplo, los rectángulos se usan para los procesos, los triángulos para los inventarios y las flechas para los flujos de materiales e información. Este mapa permite ver cómo fluyen los materiales y la información a lo largo del proceso, así como identificar dónde se encuentran los inventarios y los tiempos de espera.

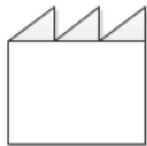
Con el mapa del estado actual en mano, se realiza un análisis exhaustivo para identificar desperdicios y oportunidades de mejora. Los desperdicios pueden incluir actividades que no añaden valor, como exceso de producción, esperas, transportes innecesarios, procesos innecesarios, inventarios, movimientos y defectos. Este análisis es crucial para entender dónde se puede mejorar el proceso.

Después del análisis, se diseña el mapa del estado futuro. Este mapa es una representación del flujo de valor ideal, donde se han minimizado los desperdicios y mejorado la eficiencia. Se visualiza cómo debería fluir el proceso una vez implementadas las mejoras. El diseño del estado futuro debe ser realista y alcanzable, teniendo en cuenta las limitaciones y capacidades actuales de la organización.

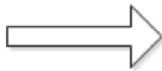
Finalmente, se desarrolla un plan de implementación. Este plan detalla las acciones específicas necesarias para transformar el estado actual en el estado futuro. Incluye la asignación de responsabilidades, la definición de plazos y la medición del progreso. Es fundamental que el plan sea claro y que todos los involucrados entiendan sus roles y responsabilidades en el proceso de mejora.

La construcción de un mapeo de la cadena de valor es un esfuerzo colaborativo que requiere tiempo, precisión y un enfoque sistemático. Es una herramienta poderosa que permite a las organizaciones visualizar su flujo de trabajo, identificar y eliminar desperdicios, y mejorar la eficiencia y efectividad de sus procesos. Al seguir estos pasos detalladamente, las organizaciones pueden transformar sus operaciones y aumentar su competitividad en el mercado.

**Símbolos del VSM:** a continuación se presentan los símbolos utilizados en el mapeo de la cadena de valor.



Fuentes externas: Este símbolo representa clientes y proveedores.



Flecha de traslado: Este símbolo representa el traslado de materias primas y producto terminado. De proveedor a planta o de planta a cliente.



Transporte mediante camión de carga.



Transporte mediante tren.



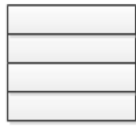
Transporte mediante avión.



Operación del proceso.



Información: Pronóstico, plan de producción, programación.



Casillero de datos con indicadores del proceso.



Flecha de empuje para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante un sistema push.



Flecha de arrastre para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante un sistema pull.



Flecha para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante una secuencia: «primeras entradas, primeras salidas»



Inventario: De materia prima, producto en proceso, producto terminado.



Información transmitida de forma manual.



Información transmitida de forma electrónica.



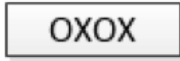
Relámpago Kaizen: Este símbolo representa los puntos dónde deben realizarse eventos de mejora enfocados en implementar la herramienta de Lean Manufacturing expresada.



Kanban de producción.



Kanban de transporte.

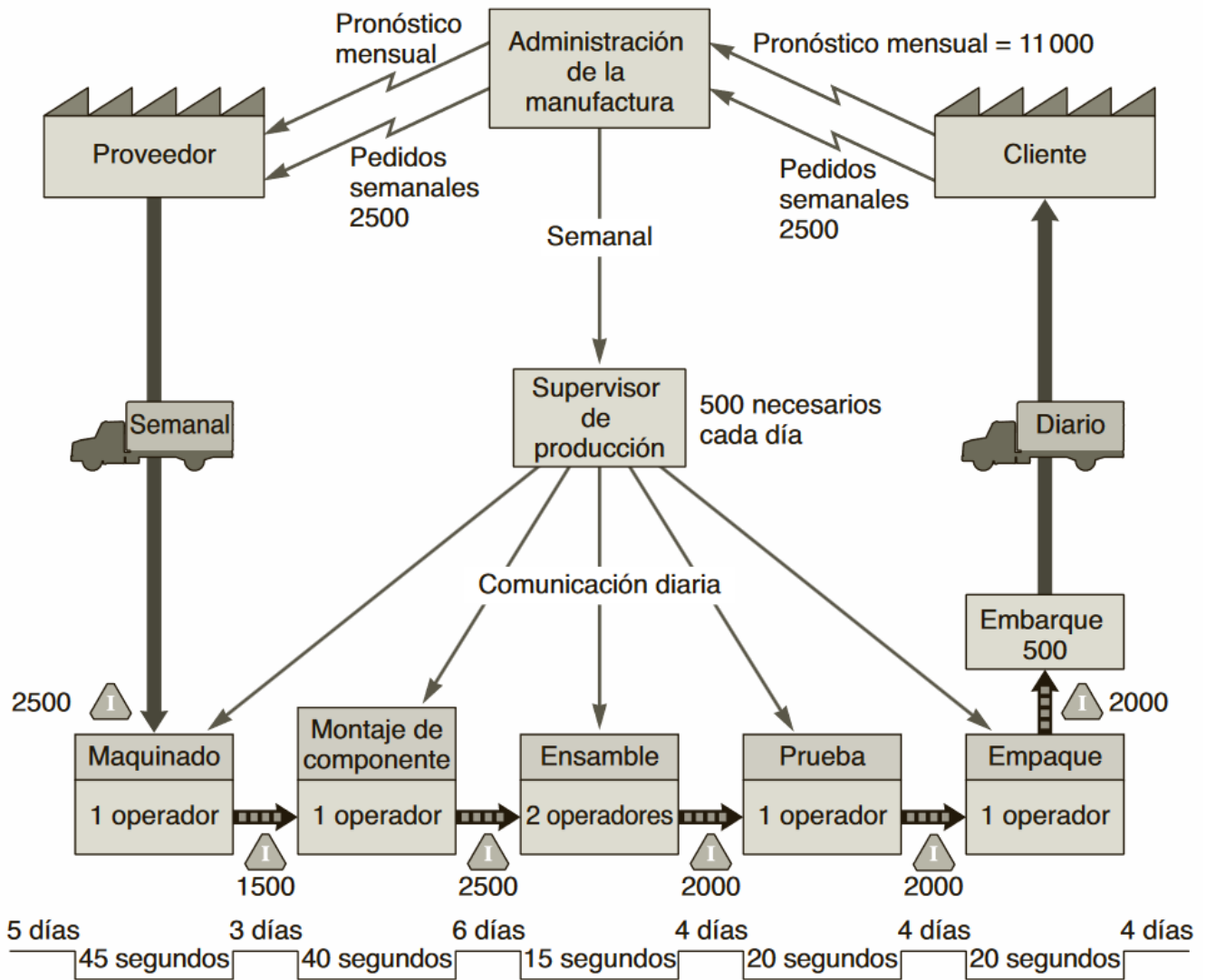


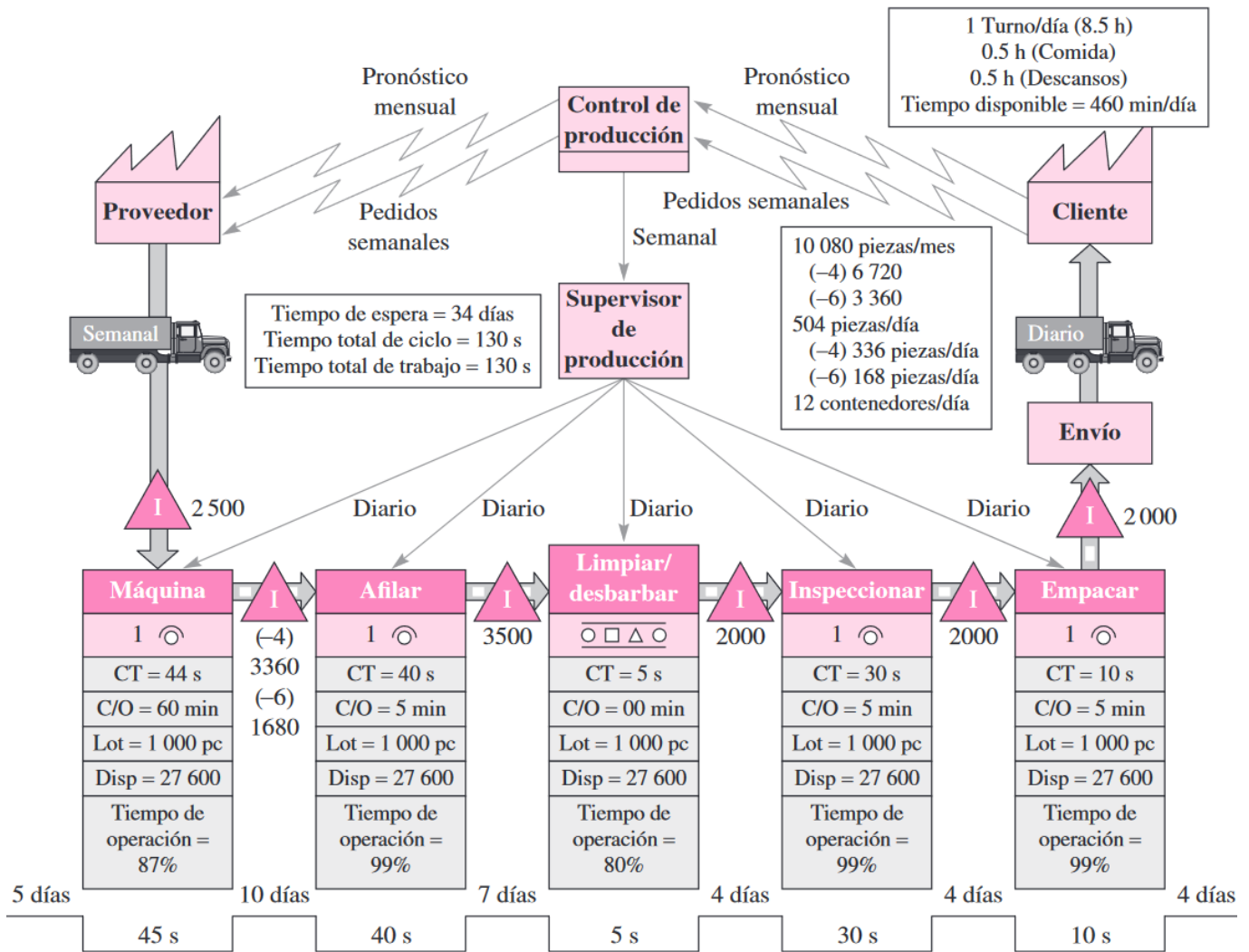
Nivelación de la carga: Herramienta que se emplea para interceptar lotes de Kanbans y nivelar el volumen de la producción.



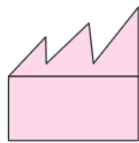
Línea de tiempo: Muestra los tiempos de ciclo de las actividades que agregan valor, y los tiempos de las actividades que no agregan valor.

Ejemplo de un mapa de cadena de valor:

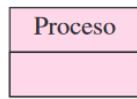




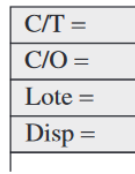
**Símbolos de proceso**



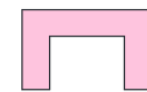
Cliente/proveedor



Proceso



Caja de datos

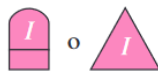


Celda de trabajo

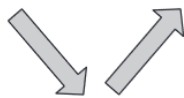


Operador

**Símbolos de material**



Inventario



Envíos



Punto de almacenaje kanban



Retiro de material

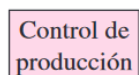


Existencia de seguridad

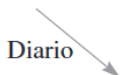


Envío externo

**Símbolos de información**



Punto central de control

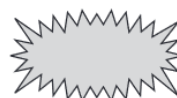


Info manual

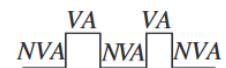


Info electrónica

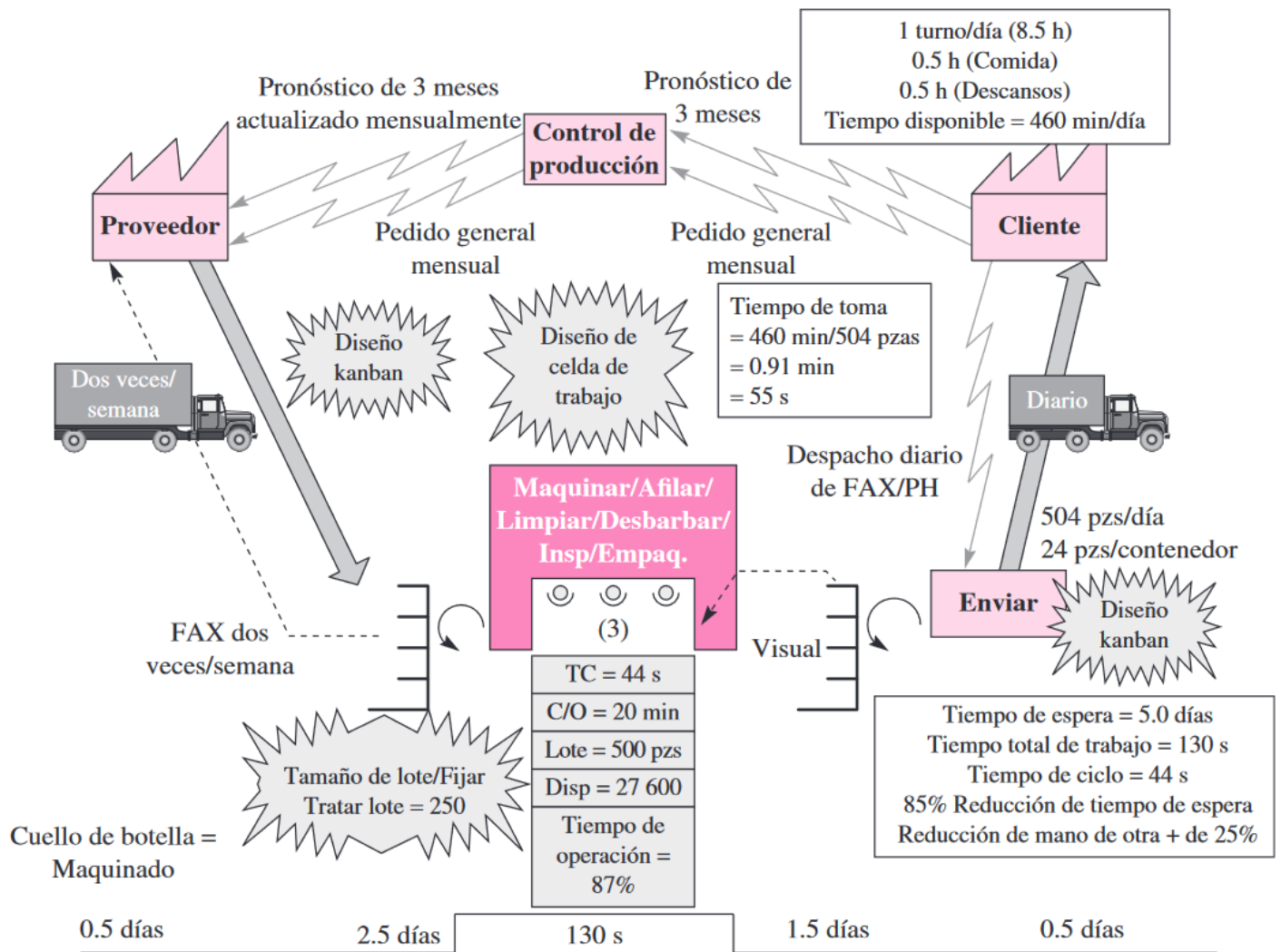
**Símbolos generales**

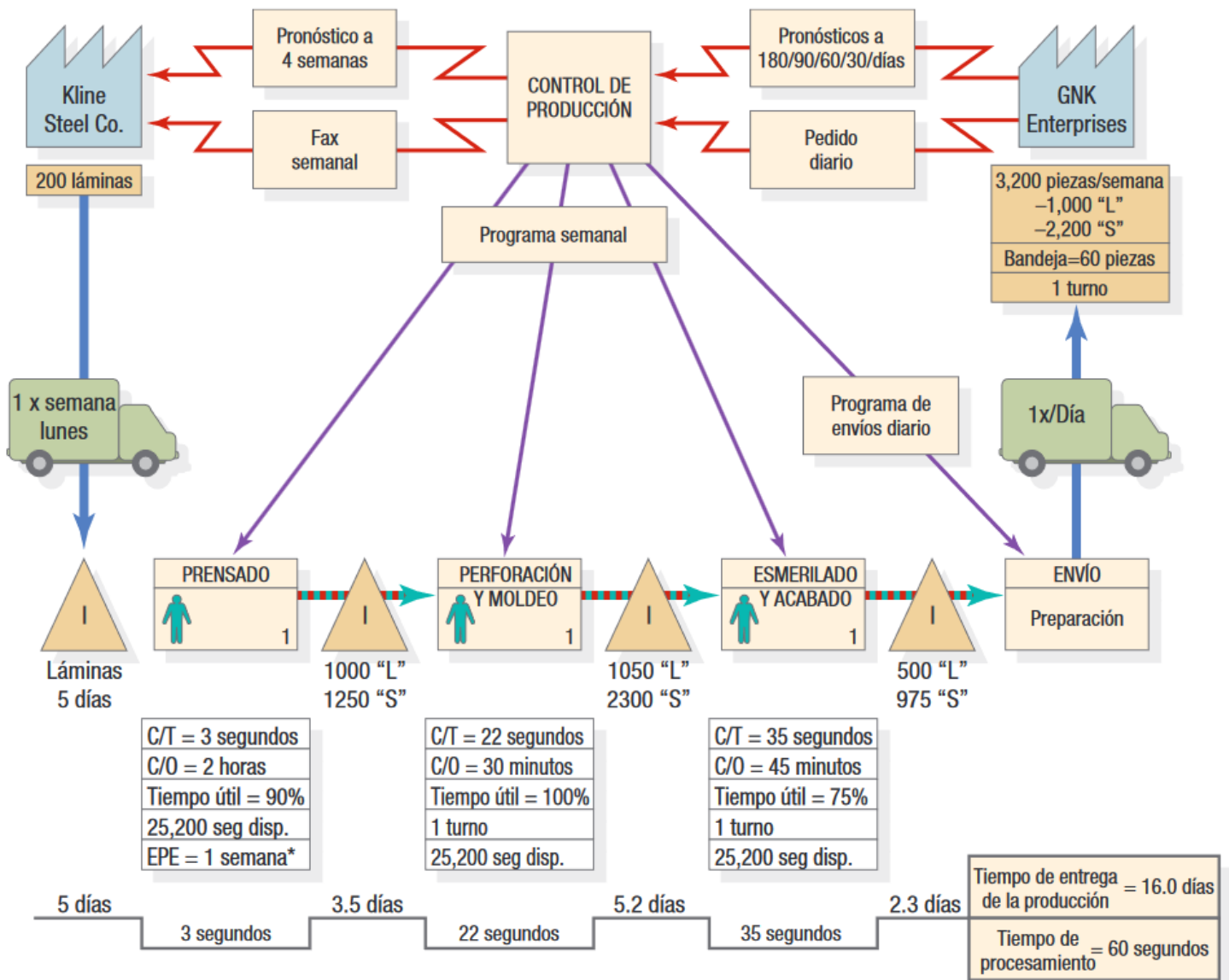


Explosión kaizen



Tiempo de valor agregado, sin valor agregado





El mapeo de la cadena de valor (Value Stream Mapping, VSM) es una herramienta versátil y poderosa que puede ser utilizada en diversas industrias para mejorar la eficiencia, reducir desperdicios y optimizar procesos. A continuación, se detallan algunas maneras en que el VSM puede ser aplicado en distintas industrias.

**Industria Manufacturera:** En la industria manufacturera, el VSM se utiliza para mapear el flujo de materiales desde los proveedores hasta los productos terminados. Al identificar y eliminar desperdicios como exceso de inventario, tiempos de espera y defectos, las empresas pueden mejorar la eficiencia de producción, reducir costos y mejorar la calidad del producto final. Ejemplo: Producción de Automóviles: En una planta de producción de automóviles, el VSM puede ayudar a identificar cuellos de botella en la línea de ensamblaje, optimizar el flujo de materiales y reducir el tiempo de ciclo. Al visualizar el proceso completo, desde la llegada de piezas hasta el ensamblaje final, los ingenieros pueden implementar cambios que mejoren la fluidez del proceso y minimicen el tiempo de inactividad.

**Industria de Servicios:** En la industria de servicios, el VSM se utiliza para mapear los procesos de entrega de servicios desde la solicitud del cliente hasta la entrega final. Esto puede incluir procesos administrativos, de

atención al cliente y de prestación de servicios. Ejemplo: Atención Médica: En un hospital, el VSM puede mapear el flujo de pacientes desde la admisión hasta el alta. Al identificar desperdicios como tiempos de espera excesivos, redundancias en el procesamiento de información y movimientos innecesarios de los pacientes, los administradores pueden diseñar un flujo de trabajo más eficiente que reduzca el tiempo de espera de los pacientes y mejore la calidad del servicio.

**Industria de la Logística:** En la industria de la logística, el VSM se utiliza para optimizar el flujo de materiales y productos desde el proveedor hasta el cliente final. Esto incluye la gestión de inventarios, el transporte y la distribución. Ejemplo: Cadena de Suministro: En una cadena de suministro, el VSM puede ayudar a identificar puntos de ineficiencia en el transporte y almacenamiento de bienes. Al mapear el flujo de productos desde el proveedor hasta el minorista, las empresas pueden identificar áreas donde se pueden reducir los tiempos de entrega, minimizar los niveles de inventario y mejorar la coordinación entre los diferentes actores de la cadena de suministro.

**Industria de la Tecnología de la Información:** En la industria de la tecnología de la información, el VSM se utiliza para mapear el desarrollo de software y la entrega de servicios de TI. Esto incluye la planificación, el desarrollo, la prueba y la implementación de software. Ejemplo: Desarrollo de Software: En un equipo de desarrollo de software, el VSM puede ayudar a identificar desperdicios en el proceso de desarrollo, como retrasos en la aprobación de requisitos, ineficiencias en la codificación y pruebas y tiempos de espera para la implementación. Al optimizar estos procesos, los equipos pueden reducir el tiempo de desarrollo, mejorar la calidad del software y entregar productos más rápidamente.

**Industria Alimentaria:** En la industria alimentaria, el VSM se utiliza para optimizar el flujo de productos desde la producción hasta la entrega al cliente final. Esto incluye la gestión de materias primas, la producción, el empaquetado y la distribución. Ejemplo: Producción de Alimentos Procesados: En una planta de producción de alimentos procesados, el VSM puede mapear el flujo de materias primas desde el proveedor hasta el producto terminado. Al identificar desperdicios como tiempos de espera en el procesamiento, excesos de inventario de materias primas y productos terminados, y defectos en el empaquetado, las empresas pueden mejorar la eficiencia de producción, reducir costos y garantizar la calidad y frescura de los productos.

**Educación:** En el sector educativo, el VSM puede ser utilizado para mapear y mejorar procesos administrativos y académicos, como la inscripción de estudiantes, la planificación de cursos y la entrega de materiales educativos. Ejemplo: Universidad: En una universidad, el VSM puede mapear el proceso de inscripción de estudiantes desde la solicitud hasta la matrícula. Al identificar desperdicios como tiempos de espera en la aprobación de solicitudes, redundancias en la verificación de documentos y ineficiencias en la asignación de cursos, los administradores pueden diseñar un proceso más eficiente que mejore la experiencia de los estudiantes y reduzca el tiempo necesario para completar la inscripción.

Beneficios Generales del VSM en la Industria:

- **Identificación de Desperdicios:** Ayuda a identificar actividades que no añaden valor, permitiendo a las organizaciones eliminar o reducir desperdicios.
- **Mejora de la Eficiencia:** Optimiza el flujo de trabajo, reduciendo tiempos de ciclo y mejorando la productividad.
- **Reducción de Costos:** Al eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia, las organizaciones pueden reducir costos operativos.

- **Mejora de la Calidad:** Permite identificar y corregir defectos en el proceso, mejorando la calidad del producto o servicio final.
- **Aumento de la Satisfacción del Cliente:** Un flujo de trabajo más eficiente y de mayor calidad resulta en una mejor experiencia para el cliente.

El mapeo de la cadena de valor es una herramienta esencial en diversas industrias para analizar y mejorar procesos. Su capacidad para visualizar el flujo de trabajo, identificar desperdicios y diseñar un flujo más eficiente permite a las organizaciones mejorar la eficiencia, reducir costos, aumentar la calidad y mejorar la satisfacción del cliente.



## HOJA DE TRABAJO 3

A continuación, se presenta la información de varias empresas, con estos datos realice lo siguiente:

- Dibujar del mapa del estado actual
- Análisis del mapa del estado actual: Identifica las áreas donde hay inventarios elevados, tiempos de espera, o cualquier otro tipo de desperdicio.
- Se deben proponer mejoras para reducir o eliminar desperdicios identificados.
- Dibujar un nuevo mapa que represente estos cambios y muestre un flujo de producción más eficiente.

**Caso 1.** La empresa manufacturera Metalmecánica Global produce varios componentes para la industria aeroespacial. En este ejercicio, nos centraremos en una familia específica de productos: un sub-ensamble de soporte estructural de aluminio en dos variantes: tipo A y tipo B. Estos componentes son enviados al cliente final para el ensamblaje de aviones.

### Procesos de Producción

Para esta familia de productos, la fabricación implica una serie de procesos: corte, mecanizado, inspección, ensamblaje y empaquetado. Los componentes son luego almacenados y enviados a la planta de ensamblaje de aviones en una base diaria. El flujo de trabajo sigue el orden siguiente, y cada pieza pasa por todos los procesos:

#### 1. Corte:

- Máquina de corte láser automatizada.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 2 segundos (30 piezas por minuto).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 30 minutos.
- Tiempo de ocupación: 90%.
- Inventario observado:
  - 3000 piezas de tipo A cortadas.
  - 1500 piezas de tipo B cortadas.

#### 2. Mecanizado:

- Máquina de fresado CNC.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 45 segundos.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 15 minutos.
- Tiempo de ocupación: 95%.
- Inventario observado:
  - 1200 piezas de tipo A mecanizadas.
  - 700 piezas de tipo B mecanizadas.

#### 3. Inspección:

- Inspección manual con dos operarios.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 30 segundos.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 5 minutos.

- Tiempo de ocupación: 85%.
- Inventario observado:
  - 1000 piezas de tipo A inspeccionadas.
  - 600 piezas de tipo B inspeccionadas.

#### 4. **Ensamblaje:**

- Proceso manual con tres operarios.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 55 segundos.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 100%.
- Inventario observado:
  - 800 piezas de tipo A ensambladas.
  - 400 piezas de tipo B ensambladas.

#### 5. **Empaquetado:**

- Proceso manual con dos operarios.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 25 segundos.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 90%.
- Inventario de productos terminados observado:
  - 700 piezas de tipo A empaquetadas.
  - 350 piezas de tipo B empaquetadas.

**Departamento de Despachos:** El departamento de despachos retira los productos terminados, los almacena y los prepara para el envío diario al cliente.

Requerimientos del Cliente:

- 16000 piezas por mes.
- 10000 piezas de tipo A por mes.
- 6000 piezas de tipo B por mes.
- Un envío diario a la planta de ensamblaje por camión.
- Empaques con 25 soportes por caja y hasta 8 cajas por paleta.

Tiempo de Trabajo:

- 22 días laborales por mes.
- 2 turnos de operación en todos los departamentos de producción.
- 8 horas por turno, con horas extras si es necesario.
- 2 descansos de 15 minutos por turno.

**Caso 2.** La empresa de alimentos Delicias Gourmet produce varios tipos de galletas artesanales. En este ejercicio, nos centraremos en una familia específica de productos: galletas de chocolate en dos variedades: clásica y con nueces. Estos productos son enviados al cliente final para su distribución en tiendas.

## Procesos de Producción

Para esta familia de productos, la fabricación implica una serie de procesos: mezcla de ingredientes, horneado, enfriado, empaquetado y almacenamiento. Los productos son luego almacenados y enviados a los distribuidores en una base diaria. El flujo de trabajo sigue el orden siguiente, y cada pieza pasa por todos los procesos:

### 1. Mezcla de Ingredientes:

- Mezcladora industrial automática.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 5 minutos por lote (20 kg de masa).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 15 minutos.
- Tiempo de ocupación: 95%.
- Inventario observado:
  - 500 kg de masa para galletas clásicas.
  - 300 kg de masa para galletas con nueces.

### 2. Horneado:

- Horno de cinta transportadora.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 10 minutos por lote (20 kg de galletas).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 30 minutos.
- Tiempo de ocupación: 90%.
- Inventario observado:
  - 200 kg de galletas clásicas horneadas.
  - 150 kg de galletas con nueces horneadas.

### 3. Enfriado:

- Enfriador de aire forzado.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 15 minutos por lote (20 kg de galletas).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 85%.
- Inventario observado:
  - 150 kg de galletas clásicas enfriadas.
  - 120 kg de galletas con nueces enfriadas.

### 4. Empaquetado:

- Línea de empaquetado manual con cuatro operarios.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 20 minutos por lote (20 kg de galletas).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 95%.
- Inventario observado:
  - 100 kg de galletas clásicas empaquetadas.
  - 80 kg de galletas con nueces empaquetadas.

### 5. Almacenamiento:

- Almacén climatizado.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 5 minutos por lote (20 kg de galletas).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 100%.
- Inventario de productos terminados observado:

- 90 kg de galletas clásicas almacenadas.
- 70 kg de galletas con nueces almacenadas.

**Departamento de Despachos:** El departamento de despachos retira los productos terminados, los almacena y los prepara para el envío diario a los distribuidores.

Requerimientos del Cliente:

- 22000 kg de galletas por mes.
- 14000 kg de galletas clásicas por mes.
- 8000 kg de galletas con nueces por mes.
- Un envío diario a los distribuidores.
- Empaques con 1 kg de galletas por caja y hasta 20 cajas por paleta.

Tiempo de Trabajo:

- 20 días laborales por mes.
- 2 turnos de operación en todos los departamentos de producción.
- 8 horas por turno, con horas extras si es necesario.
- 2 descansos de 15 minutos por turno.

**Caso 3.** La empresa cosmética Belleza Radiante produce varios productos de cuidado personal. En este ejercicio, nos centraremos en una familia específica de productos: cremas faciales en dos variedades: hidratante y anti-envejecimiento. Estos productos son enviados al cliente final para su distribución en tiendas y spas.

Procesos de Producción

Para esta familia de productos, la fabricación implica una serie de procesos: mezcla de ingredientes, emulsionado, envasado, etiquetado y empaquetado. Los productos son luego almacenados y enviados a los distribuidores en una base diaria. El flujo de trabajo sigue el orden siguiente, y cada pieza pasa por todos los procesos:

#### 1. Mezcla de Ingredientes:

- Mezcladora industrial automática.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 15 minutos por lote (100 kg de mezcla).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 45 minutos.
- Tiempo de ocupación: 90%.
- Inventario observado:
  - 2000 kg de mezcla para crema hidratante.
  - 1200 kg de mezcla para crema anti-envejecimiento.

#### 2. Emulsionado:

- Emulsionador a alta velocidad.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 20 minutos por lote (100 kg de mezcla).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 30 minutos.
- Tiempo de ocupación: 85%.
- Inventario observado:

- 1800 kg de crema hidratante emulsionada.
- 1000 kg de crema anti-envejecimiento emulsionada.

### 3. Envasado:

- Línea de envasado automática.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 10 minutos por lote (1000 unidades).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 20 minutos.
- Tiempo de ocupación: 95%.
- Inventario observado:
  - 15000 unidades de crema hidratante envasadas.
  - 9000 unidades de crema anti-envejecimiento envasadas.

### 4. Etiquetado:

- Máquina etiquetadora automática.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 8 minutos por lote (1000 unidades).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): 10 minutos.
- Tiempo de ocupación: 100%.
- Inventario observado:
  - 14000 unidades de crema hidratante etiquetadas.
  - 8500 unidades de crema anti-envejecimiento etiquetadas.

### 5. Empaquetado:

- Línea de empaquetado manual con tres operarios.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 12 minutos por lote (1000 unidades).
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 95%.
- Inventario de productos terminados observado:
  - 13000 unidades de crema hidratante empaquetadas.
  - 8000 unidades de crema anti-envejecimiento empaquetadas.

**Departamento de Despachos:** El departamento de despachos retira los productos terminados, los almacena y los prepara para el envío diario a los distribuidores.

Requerimientos del Cliente:

- 60000 unidades de cremas por mes.
- 40000 unidades de crema hidratante por mes.
- 20000 unidades de crema anti-envejecimiento por mes.
- Un envío diario a los distribuidores.
- Empaques con 50 cremas por caja y hasta 20 cajas por paleta.

Tiempo de Trabajo:

- 20 días laborales por mes.
- 2 turnos de operación en todos los departamentos de producción.
- 8 horas por turno, con horas extras si es necesario.
- 2 descansos de 15 minutos por turno.

**Caso 4.** La empresa de servicios TecnoSoluciones ofrece servicios de reparación y mantenimiento de equipos de cómputo. En este ejercicio, nos centraremos en el proceso de reparación de laptops para clientes corporativos. Este servicio incluye diagnóstico, reparación, pruebas y entrega de las laptops reparadas.

## Procesos de Servicio

Para este servicio, el flujo de trabajo sigue una serie de procesos: recepción de equipos, diagnóstico, reparación, pruebas de funcionamiento y entrega. Cada equipo pasa por todos los procesos en el siguiente orden:

### 1. Recepción de Equipos:

- Recepción y registro de equipos defectuosos.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 10 minutos por equipo.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 95%.
- Inventario observado:
  - 30 laptops recibidas y registradas.

### 2. Diagnóstico:

- Técnicos especializados en diagnóstico.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 30 minutos por equipo.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 90%.
- Inventario observado:
  - 20 laptops en diagnóstico.

### 3. Reparación:

- Técnicos especializados en reparación.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 1 hora por equipo.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 85%.
- Inventario observado:
  - 15 laptops en reparación.

### 4. Pruebas de Funcionamiento:

- Técnicos de pruebas.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 45 minutos por equipo.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 80%.
- Inventario observado:
  - 10 laptops en pruebas.

### 5. Entrega:

- Embalaje y entrega al cliente.
- Tiempo de Ciclo (T/C): 20 minutos por equipo.
- Tiempo de Cambio de modelo (T/M): Ninguno.
- Tiempo de ocupación: 100%.
- Inventario de productos terminados observado:
  - 8 laptops listas para entrega.

**Departamento de Atención al Cliente:** El departamento de atención al cliente coordina con los clientes para recoger los equipos reparados y proporcionar actualizaciones sobre el estado de la reparación.

Requerimientos del Cliente:

- 400 laptops reparadas por mes.
- Un promedio de 20 laptops por día hábil.
- Un servicio con tiempo de respuesta máximo de 5 días hábiles.
- Entrega diaria a los clientes.

Tiempo de Trabajo:

- 20 días laborales por mes.
- 1 turno de operación en todos los departamentos de servicio.
- 8 horas por turno, con horas extras si es necesario.
- 2 descansos de 15 minutos por turno.

## PRÁCTICA NO. 4

### MODELADO Y NOTACIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO

#### 1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Conocer el modelado y notación de procesos de negocio.
- 1.2. Crear un BPMN para cualquier proceso identificado.

#### 2. Marco Teórico:

**BPMN:** El BPMN, que significa "Business Process Model and Notation" en inglés, se traduce como "Modelado y Notación de Procesos de Negocio" en español. Es un estándar ampliamente utilizado para modelar y representar visualmente procesos de negocio en una forma comprensible y estandarizada. BPMN proporciona un conjunto de símbolos gráficos y reglas de notación que permiten a los analistas de negocios, diseñadores de procesos y otros profesionales describir, analizar y comunicar procesos de negocio de una manera consistente y fácil de entender.

Algunas de las características clave de BPMN incluyen:

1. **Símbolos gráficos:** BPMN utiliza una variedad de símbolos gráficos para representar elementos como tareas, eventos, decisiones, flujos de secuencia, flujos de mensaje, entre otros. Estos símbolos se utilizan para dibujar diagramas de procesos de negocio.
2. **Notación clara:** La notación de BPMN es intuitiva y fácil de comprender, lo que facilita la comunicación entre diferentes partes interesadas en un proyecto o proceso.
3. **Niveles de detalle:** BPMN permite representar procesos de negocio a diferentes niveles de detalle, desde diagramas de alto nivel que muestran el flujo general hasta diagramas detallados que incluyen información sobre roles, responsabilidades y flujos de trabajo específicos.
4. **Extensibilidad:** BPMN es lo suficientemente flexible como para adaptarse a una variedad de tipos de procesos de negocio, incluidos los procesos simples y lineales, así como los procesos más complejos y condicionales.
5. **Estándar internacional:** BPMN es un estándar internacional mantenido por la Object Management Group (OMG), lo que significa que es ampliamente reconocido y utilizado en todo el mundo.

El BPMN es una herramienta valiosa para la modelación y documentación de procesos de negocio, lo que ayuda a las organizaciones a comprender, optimizar y gestionar sus operaciones de manera más efectiva. Los diagramas BPMN tienen aplicaciones industriales en una amplia variedad de sectores y tipos de organizaciones. Algunos ejemplos de aplicaciones industriales de los diagramas BPMN incluyen:

1. **Manufactura:** En la industria manufacturera, los diagramas BPMN se utilizan para modelar y optimizar los procesos de producción, control de calidad, gestión de inventario y logística.
2. **Servicios financieros:** En bancos y compañías financieras, BPMN se utiliza para representar procesos relacionados con la aprobación de préstamos, la gestión de cuentas, la detección de fraudes y la reconciliación de transacciones.
3. **Salud:** En el sector de la salud, se pueden utilizar diagramas BPMN para modelar procesos de atención al paciente, administración de registros médicos, gestión de citas y procesos de facturación.



4. **Telecomunicaciones:** En la industria de las telecomunicaciones, BPMN se aplica para representar procesos de configuración de redes, resolución de problemas de servicios, activación de líneas telefónicas y más.
5. **Venta al por menor:** Las tiendas minoristas pueden utilizar BPMN para modelar procesos de gestión de inventario, procesamiento de pedidos en línea, gestión de devoluciones y procesos de compra.
6. **Gobierno:** Las agencias gubernamentales utilizan BPMN para modelar procesos relacionados con la gestión de subvenciones, el procesamiento de solicitudes de licencias, la gestión de registros y la prestación de servicios públicos.
7. **Energía y servicios públicos:** En la industria de la energía y los servicios públicos, se pueden usar diagramas BPMN para representar procesos de generación de energía, gestión de la cadena de suministro de energía y reparación de infraestructuras.
8. **Educación:** En instituciones educativas, los diagramas BPMN pueden utilizarse para modelar procesos de registro de estudiantes, procesos de admisión, gestión de programas académicos y más.
9. **Transporte y logística:** En el sector del transporte y la logística, los diagramas BPMN se aplican para modelar procesos de gestión de rutas de envío, seguimiento de envíos, gestión de almacenes y distribución de mercancías.
10. **Tecnología de la información:** En la industria de la tecnología de la información, se pueden utilizar diagramas BPMN para modelar procesos de desarrollo de software, gestión de incidentes de TI, gestión de proyectos y más.

Estos son solo algunos ejemplos de las muchas aplicaciones industriales de los diagramas BPMN. En general, BPMN es una herramienta versátil que se puede adaptar a una amplia gama de sectores y procesos para ayudar en la comprensión, documentación y mejora de los procesos empresariales.

Los diagramas BPMN pueden ser una alternativa efectiva a los diagramas de flujo de proceso convencionales utilizados en la manufactura y en otros sectores. Sin embargo, la elección entre BPMN y los diagramas de flujo tradicionales depende de varios factores, incluidos los requisitos específicos de la organización y la complejidad de los procesos que se están representando. A continuación, se presentan algunas consideraciones a tener en cuenta:

1. **Complejidad del proceso:** Los diagramas de flujo tradicionales suelen ser más simples y adecuados para representar procesos lineales y relativamente simples. Si los procesos de manufactura son bastante simples, los diagramas de flujo convencionales pueden ser suficientes. Sin embargo, si los procesos son más complejos, con múltiples caminos, decisiones y actividades condicionales, BPMN puede proporcionar una representación más completa y precisa.
2. **Estándares y comunicación:** Si su organización ya utiliza BPMN como estándar para modelar y documentar procesos en diferentes departamentos o áreas, es coherente continuar utilizando BPMN en la manufactura para mantener la uniformidad en la notación y facilitar la comunicación entre los equipos.
3. **Herramientas y capacidades:** Considere las herramientas de software disponibles en su organización. Algunas herramientas BPMN ofrecen capacidades avanzadas de simulación y análisis, lo que puede ser valioso en la manufactura para la optimización de procesos y la identificación de cuellos de botella.
4. **Requisitos de estandarización:** Si necesita cumplir con estándares específicos de la industria o regulaciones, verifique si se requiere el uso de una notación específica, ya sea BPMN u otra, para cumplir con esos estándares.

El VSM (Value Stream Mapping) y el BPMN (Business Process Model and Notation) son herramientas utilizadas para la representación y análisis de procesos, pero tienen enfoques y objetivos diferentes. El VSM se centra en la visualización del flujo de valor dentro de un proceso de producción, resaltando la información clave sobre tiempos de ciclo, tiempos de espera, inventarios y otros datos relevantes para identificar desperdicios y oportunidades de mejora en la cadena de valor. Es una herramienta fundamental en la metodología Lean, utilizada principalmente en la manufactura, aunque también puede aplicarse a otros entornos de servicios. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia y eliminar desperdicios en el proceso.

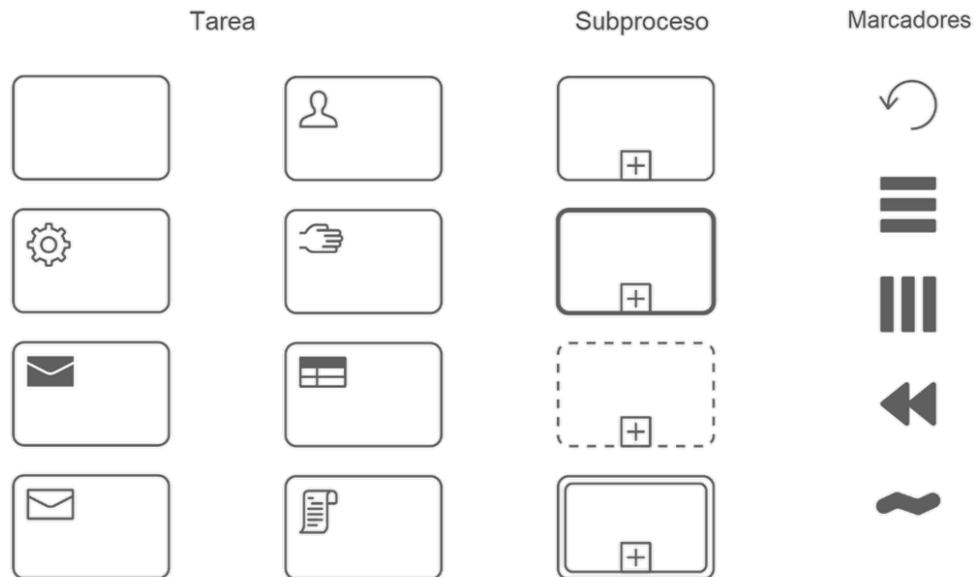
Por otro lado, el BPMN es una notación estándar utilizada para modelar y documentar procesos de negocio de manera detallada y precisa. Se utiliza en una amplia variedad de sectores y es especialmente útil para representar procesos complejos con múltiples caminos, decisiones y eventos. BPMN proporciona un conjunto de símbolos gráficos y reglas para representar tareas, flujos de trabajo, eventos y decisiones, facilitando la comunicación entre diferentes partes interesadas y permitiendo el análisis y la automatización de procesos.

**Símbolos utilizados en el BPMN:** para hacer el modelado (o mapeo BPMN) se utilizan diagramas y, dentro de ellos, los elementos gráficos de la notación. Es similar a los pasos del diagrama de flujo, con "cajas", que representan los flujos internos de cada proceso. Los elementos están organizados en 5 tipos:

1. Objetos de flujo (*flow objects*)
2. Objetos de conexión (*connecting objects*)
3. Carriles de piscina (*swimlanes*)
4. Artefactos (*artifacts*)
5. Datos (*data*)

**Objetos de flujo:** Los objetos de flujo se dividen en tres tipos:

**Actividades (*activities*)**



Estas son las tareas o trabajos para realizar dentro del proceso. Se pueden subdividir para poder desglosar el proceso al máximo, lo que facilita su visualización de un extremo a otro. Están representados por rectángulos y pueden ser de **diferentes tipos**: actividad humana, actividad genérica, tarea de ejecución de script, tarea de invocación de servicio o subprocesso.

- **Actividad humana:** la actividad debe ser completada por un usuario con el apoyo / asistencia de un software.
- **Actividad genérica:** representa una acción que no está completamente definida, por ejemplo, si será automática o manual.
- **Tarea de ejecución de script:** la actividad es automatizada y totalmente procesada por el propio sistema BPM.
- **Tarea de invocación de servicio:** la tarea también se realiza de forma automática, pero hay una integración con un sistema de información externo, por ejemplo, un *web service*.
- **Subproceso:** conjunto o subconjunto de actividades que se encapsulan y etiquetan para un solo propósito. Se utiliza para modelar una actividad que se puede dividir en subactividades para facilitar la comprensión de las reglas de negocio.

Cualquiera de los tipos ilustrados anteriormente se puede utilizar con un marcador de multiplicidad. Normalmente, durante la ejecución, el flujo pasa por un cierto paso una vez y continúa al siguiente. Con el marcador de multiplicidad, una actividad se puede ejecutar varias veces antes de continuar al siguiente paso del flujo.

- **Secuencial múltiple:** una actividad puede ocurrir varias veces dentro de la secuencia antes de ir al siguiente paso. En cada ejecución suya, se evalúa si se cumplió o no la condición que generó el bucle. Si se ha cumplido, el flujo continúa al siguiente paso y si no, el flujo vuelve a realizar la actividad.
- **Múltiples instancias paralelas:** una actividad puede ocurrir varias veces al mismo tiempo. Al iniciar la actividad, hay una verificación de una condición que inicia el mismo paso en innumerables ocasiones. El flujo solo procederá al siguiente paso después de completar el paralelismo.

**Eventos (*events*):** Son situaciones que **ocurren durante el proceso**, que pueden ser de inicio, intermedio o final (cerrando el proceso), y que afectan directamente el flujo. Entre los eventos, tenemos eventos simples, de mensaje, de señal, de conexión, temporales y de error. Están representados por círculos.

## 1. Eventos simples

**Evento de inicio:** se utiliza para representar el momento en que se inicia el proceso.

**Evento intermedio:** evento genérico utilizado en el diseño del modelado para representar un paso que se ha completado o que ha alcanzado un cierto estado. No cambia el comportamiento del proceso.

**Evento final:**

- **Evento final (no relleno):** el flujo finaliza cuando el evento es alcanzado; el proceso se completa si no hay otros flujos en curso.
- **Evento terminal (relleno):** el proceso se completa independientemente de la existencia de otros flujos sin terminar.

2. **Eventos de mensaje:** se utilizan para transmitir / recibir información entre procesos. La comunicación es entre un remitente y un receptor.
3. **Eventos de señal:** también se utilizan para la comunicación entre procesos (con transmisión de información). Sin embargo, para un remitente puede haber numerosos receptores.
4. **Eventos de conexión:** dos eventos de conexión equivalen a un flujo de secuencia, lo que evita que un flujo largo se cruce con otros si las actividades están muy separadas en el diagrama.
5. **Eventos temporizadores:** se utilizan para eventos basados en el tiempo, en un momento elegido (como la llegada de una fecha específica) o cíclicamente siguiendo algún patrón.
6. **Eventos de error:** representa que el proceso fue terminado sin cumplir su objetivo.



Los eventos intermedios se pueden acoplar a una determinada actividad y representan que el evento solo puede ocurrir si la actividad aún está activa. Los eventos pueden ser interrumpidos (borde continuo) o no interrumpidos (borde punteado):

- Interrumpible: cuando ocurre el evento, interrumpe la actividad a la que está adscrito y sigue el flujo detallado por el evento.
- No interrumpible: cuando ocurre el evento, la actividad a la que está vinculado no se interrumpe. El flujo seguirá la ruta del evento y, cuando finalice la actividad, también la seguirá.

**Objetos de conexión:** Como su nombre lo indica, los objetos de conexión indican la **secuencia del proceso**, conectando un objeto de flujo a otro. También se dividen en tres tipos:

- **Flujo normal:** muestra el orden en que se realizarán las actividades. Está representado por una flecha continua (línea continua).
- **Flujo condicional:** utilizado en salidas de desviaciones. Tiene una condición, que define si se seguirá o no. Está representado por una flecha con un círculo / diamante en el punto de inicio.

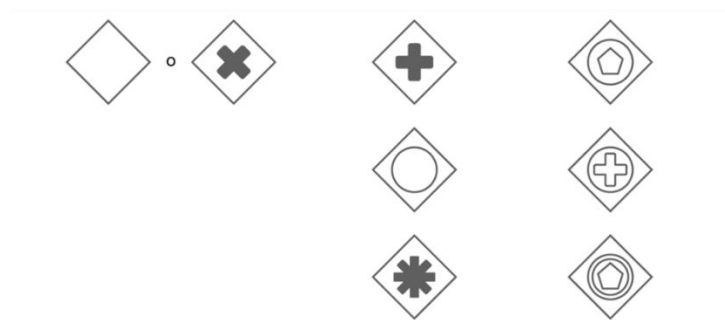
- **Flujo estándar:** utilizado en salidas de desviaciones. Se sigue si y solo si todos los demás flujos condicionales no son válidos. Representado por una flecha con un corte al principio.

**Datos:** Los datos se utilizan en la representación de información o documentos.

- **Objetos de datos:** muestran cómo se pueden manipular, requerir o producir los datos de la actividad. Son insumos para el desarrollo de la actividad. Están representados por un icono de hoja de papel.
- **Repositorio de datos:** muestra la ubicación de almacenamiento de los datos, es decir, en qué base de datos se conservan.



**Pasarelas o desviaciones (gateways):** Se utilizan para controlar la secuencia de flujo, determinando los puntos de desviación que debe seguir el proceso. Pueden dividir el flujo en varios o unificarlos. Están representados por un diamante. Cada uno de ellos puede contener otros símbolos para representar la acción específica, como se detalla a continuación:



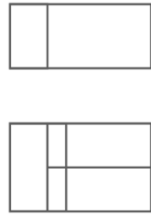
**Swimlanes:** Las *swimlanes*, de hecho, visualmente se asemejan a piscinas con carriles.

- Las **piscinas (pool)** son representaciones de los procesos o de la propia organización. Si dos entidades empresariales no están físicamente en el mismo lugar dentro del diagrama, se representan en dos piscinas diferentes.
- Los **carriles**, a su vez, son las subdivisiones horizontales o verticales de cada grupo y se utilizan para organizar actividades en funciones o roles. Los departamentos de la empresa, por ejemplo, se pueden colocar en diferentes carriles. Esto ayuda a comprender quién es responsable de esa parte del proceso.

**Artefactos:** Los artefactos se utilizan para recopilar información importante para llevar a cabo el flujo del proceso. Son ellos:

- Anotaciones: se utilizan para explicar o proporcionar información adicional sobre una actividad.
- Grupo: se utiliza para agrupar visualmente un conjunto de elementos. Está representado por un cuadro de línea punteada.

### Swimlanes

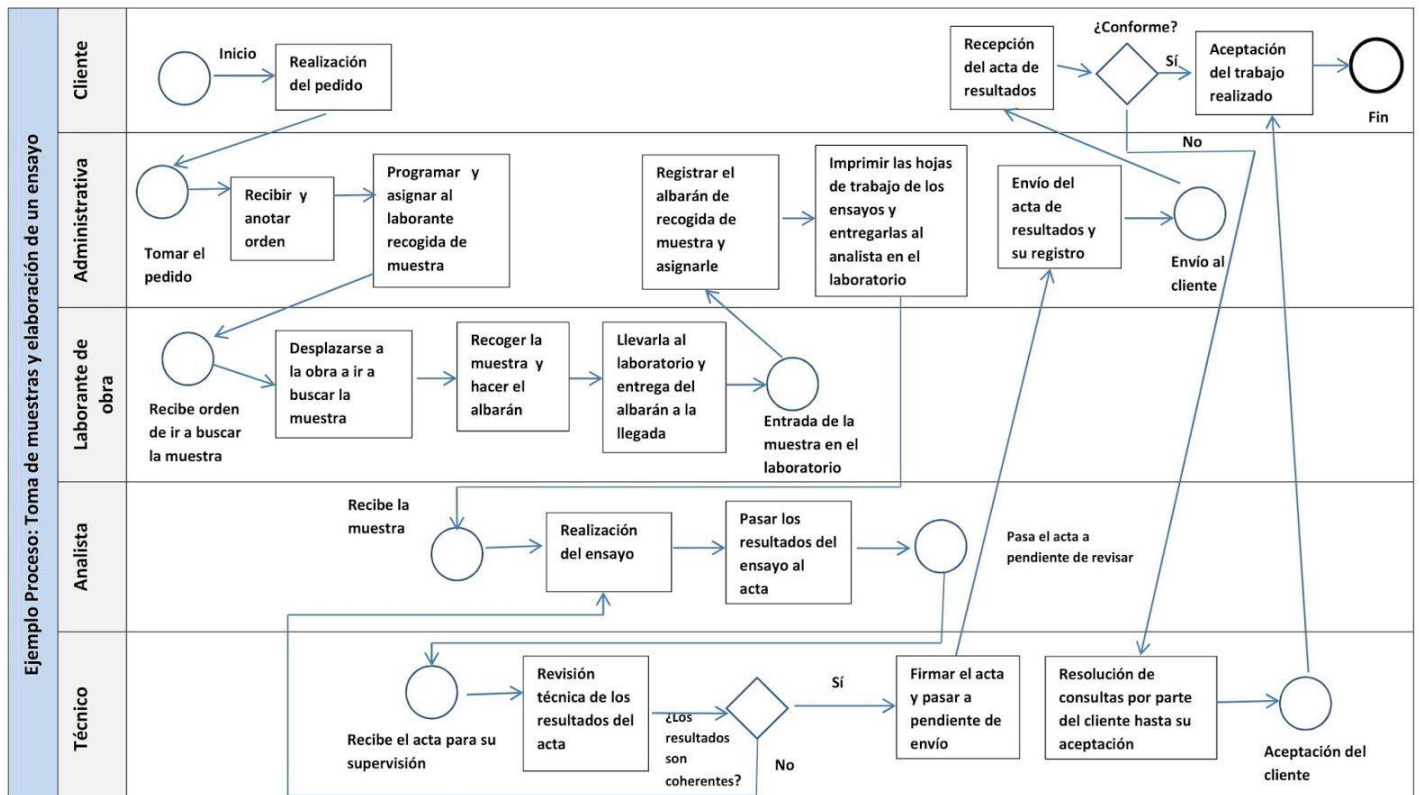


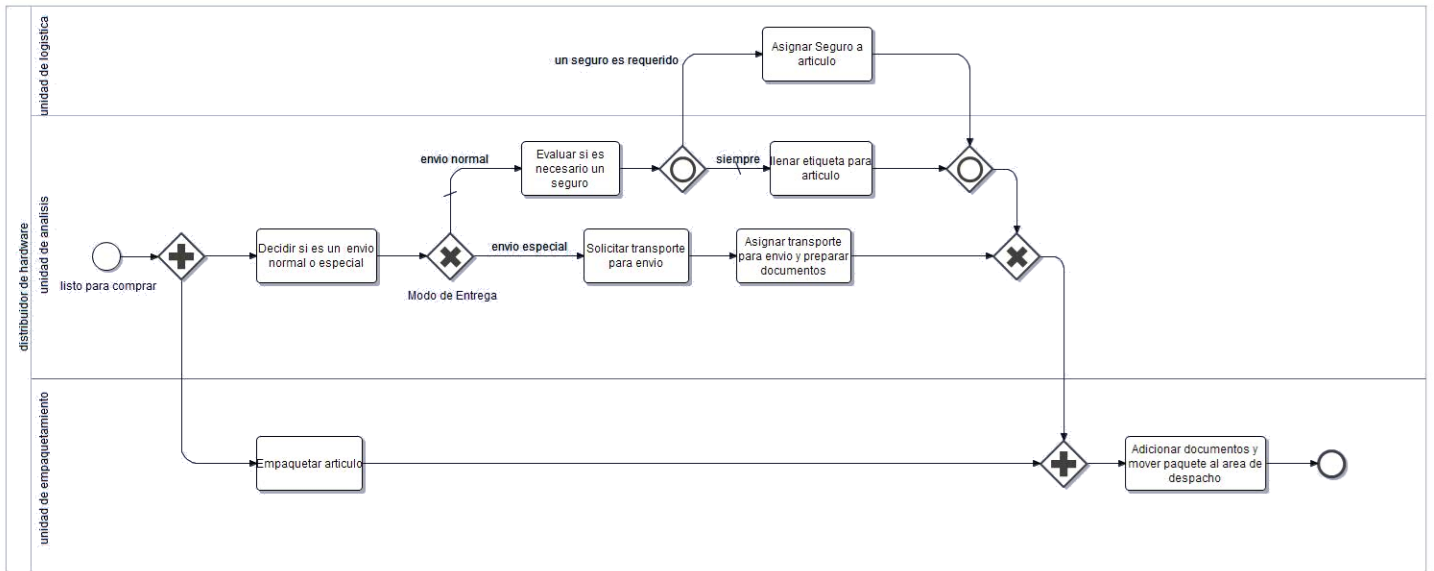
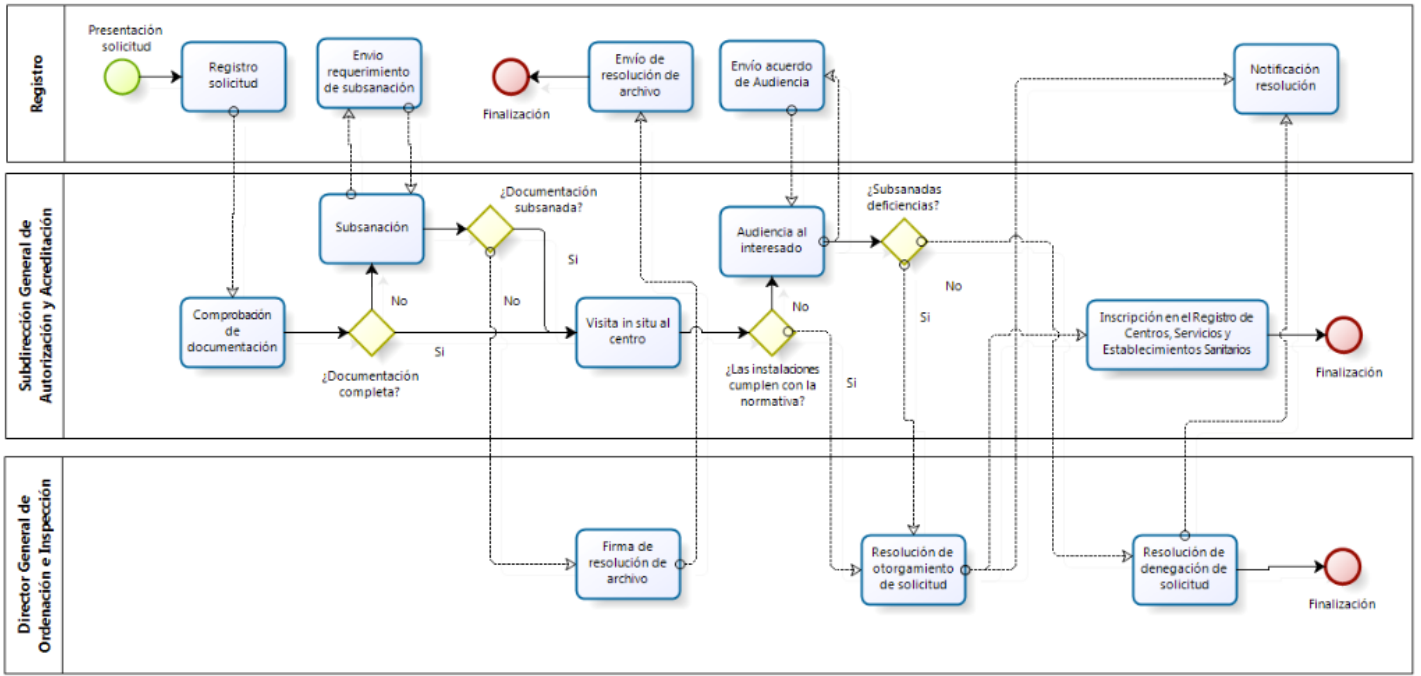
### Artefactos



**Tecnología de optimización y modelado:** Para realizar el modelado y realmente poder optimizar tus procesos en la organización, es importante automatizarlos y utilizar una herramienta de tecnología de la información, el BPMS (*Business Process Management Suite o System*). De esta forma, se vuelve más sencillo integrar a todas las personas involucradas en el proceso, incluir datos y agregar otro software y sistemas de gestión. El BPMS es el mejor sistema para admitir la notación BPMN. Con él, es posible modelar y completar los demás procesos dentro de la gestión de procesos de negocio, como la ejecución en la práctica y el control.

DIAGRAMA BPMN





## HOJA DE TRABAJO 4

A continuación, se presentan una serie de casos, en cada uno de ellos, generar el diagrama BPMN.

### Caso 1. Generación del BPMN para una Empresa de Alimentos

**Contexto:** Una empresa de alimentos produce y distribuye productos alimenticios orgánicos. La empresa tiene varias unidades de negocio, incluyendo la producción, el control de calidad, el almacenamiento y la distribución. El objetivo del ejercicio es modelar el proceso de producción y distribución de un lote de granola orgánica utilizando BPMN.

#### Información del Proceso:

1. **Inicio del Proceso:**
  - El proceso comienza cuando el departamento de ventas recibe un pedido de un cliente.
2. **Recepción del Pedido:**
  - El departamento de ventas ingresa el pedido en el sistema de gestión de pedidos.
  - Se verifica la disponibilidad de los ingredientes necesarios en el inventario.
3. **Preparación de Ingredientes:**
  - Si los ingredientes están disponibles, se envía una solicitud al almacén para recoger los ingredientes.
  - El almacén recoge y envía los ingredientes al área de producción.
4. **Producción:**
  - El área de producción recibe los ingredientes y programa la producción del lote de granola.
  - Los ingredientes se mezclan según la receta.
  - La mezcla se hornea en hornos industriales.
  - La granola horneada se enfría y se envasa en paquetes de 500g.
5. **Control de Calidad:**
  - Cada lote de granola pasa por un control de calidad para verificar la textura, el sabor y la frescura.
  - Si el lote no cumple con los estándares de calidad, se realiza una revisión del proceso de producción y se corrigen los errores.
6. **Etiquetado y Empaque:**
  - Los paquetes de granola que pasan el control de calidad se etiquetan con la información del producto, fecha de producción y fecha de vencimiento.
  - Los paquetes etiquetados se colocan en cajas para su distribución.
7. **Almacenamiento:**
  - Las cajas de granola se trasladan al área de almacenamiento.
  - El inventario se actualiza para reflejar la cantidad de producto terminado en stock.
8. **Distribución:**
  - El departamento de logística planifica la distribución según las rutas de entrega.
  - Los productos se cargan en los vehículos de reparto.
  - Los productos se entregan a los clientes según las fechas y rutas planificadas.
9. **Facturación y Cobro:**
  - El departamento de ventas genera la factura del pedido.
  - Se envía la factura al cliente.



- El departamento de finanzas gestiona el cobro y actualiza el estado del pedido en el sistema.

#### 10. Fin del Proceso:

- El proceso termina cuando el cliente recibe el producto y se confirma el pago.

#### Detalles adicionales:

- **Eventos:** Considerar eventos intermedios como la verificación de stock, la aprobación del control de calidad y la confirmación de entrega.
- **Decisiones:** Incluir puntos de decisión, como la verificación de disponibilidad de ingredientes y la aceptación del control de calidad.
- **Roles involucrados:** Identificar a los actores clave, como el departamento de ventas, el almacén, el área de producción, el control de calidad, el departamento de logística y el departamento de finanzas.
- **Flujos de datos:** Representar cómo fluye la información entre los diferentes departamentos y sistemas, incluyendo el sistema de gestión de pedidos y el sistema de inventario.

### Caso 2. Generación del BPMN para una Empresa Farmacéutica

**Contexto:** Una empresa farmacéutica produce y distribuye medicamentos genéricos. La empresa tiene varias unidades de negocio, incluyendo investigación y desarrollo (I+D), producción, control de calidad, almacenamiento y distribución. El objetivo del ejercicio es modelar el proceso de producción y distribución de un lote de tabletas de paracetamol utilizando BPMN.

#### Información del Proceso:

##### 1. Inicio del Proceso:

- El proceso comienza cuando el departamento de planificación de la producción recibe una orden de producción basada en la demanda del mercado.

##### 2. Preparación de Ingredientes:

- El departamento de planificación verifica la disponibilidad de los ingredientes activos y excipientes en el inventario.
- Si los ingredientes están disponibles, se envía una solicitud al almacén para recoger los ingredientes.

##### 3. Formulación:

- El área de producción recibe los ingredientes y prepara la mezcla según la fórmula aprobada.
- Los ingredientes se mezclan en proporciones exactas utilizando equipos de mezcla industriales.

##### 4. Compresión de Tabletetas:

- La mezcla se comprime en tabletetas utilizando una prensa de tabletetas.
- Las tabletetas se recogen y se preparan para el control de calidad.

##### 5. Control de Calidad:

- Cada lote de tabletetas pasa por un control de calidad riguroso para verificar la uniformidad, el peso, la disolución y la pureza.
- Si el lote no cumple con los estándares de calidad, se realiza una revisión del proceso de producción y se corrigen los errores.

##### 6. Revestimiento y Empaque:

- Las tabletas que pasan el control de calidad se recubren según sea necesario (por ejemplo, con una capa protectora).
  - Las tabletas recubiertas se envasan en blísteres o frascos, y estos a su vez se colocan en cajas con la información del producto.
- 7. Etiquetado:**
- Los paquetes se etiquetan con la información del producto, número de lote, fecha de producción y fecha de vencimiento.
  - Se verifica que todas las etiquetas sean correctas y estén bien adheridas.
- 8. Almacenamiento:**
- Las cajas de medicamentos se trasladan al área de almacenamiento controlado.
  - El inventario se actualiza para reflejar la cantidad de producto terminado en stock.
- 9. Distribución:**
- El departamento de logística planifica la distribución según las órdenes de compra de los distribuidores y farmacias.
  - Los productos se cargan en vehículos con control de temperatura si es necesario.
  - Los productos se entregan a los clientes según las fechas y rutas planificadas.
- 10. Regulación y Documentación:**
- Se completa la documentación necesaria para cumplir con las regulaciones gubernamentales y de la industria, incluyendo informes de lotes y registros de control de calidad.
- 11. Facturación y Cobro:**
- El departamento de ventas genera la factura del pedido.
  - Se envía la factura al cliente.
  - El departamento de finanzas gestiona el cobro y actualiza el estado del pedido en el sistema.
- 12. Fin del Proceso:**
- El proceso termina cuando el cliente recibe el producto y se confirma el pago.

**Detalles adicionales:**

- **Eventos:** Considerar eventos intermedios como la verificación de stock, la aprobación del control de calidad y la confirmación de entrega.
- **Decisiones:** Incluir puntos de decisión, como la verificación de disponibilidad de ingredientes y la aceptación del control de calidad.
- **Roles involucrados:** Identificar a los actores clave, como el departamento de planificación, el almacén, el área de producción, el control de calidad, el departamento de logística y el departamento de finanzas.
- **Flujos de datos:** Representar cómo fluye la información entre los diferentes departamentos y sistemas, incluyendo el sistema de gestión de inventario y el sistema de planificación de recursos empresariales (ERP).

**Caso 3. Generación del BPMN para una Fábrica de Juguetes**

**Contexto:** Una fábrica de juguetes produce y distribuye juguetes de plástico, incluyendo figuras de acción y vehículos. La empresa tiene varias unidades de negocio, incluyendo diseño, producción, control de calidad, almacenamiento y distribución. El objetivo del ejercicio es modelar el proceso de producción y distribución de un lote de figuras de acción utilizando BPMN.

**Información del Proceso:**

1. **Inicio del Proceso:**
  - El proceso comienza cuando el departamento de ventas recibe un pedido de un cliente o una orden de producción basada en previsiones de demanda.
2. **Diseño y Desarrollo del Producto:**
  - El equipo de diseño crea el diseño detallado de la figura de acción, incluyendo especificaciones de materiales y colores.
  - Se crea un prototipo para la revisión y aprobación.
3. **Planificación y Preparación de Materiales:**
  - El departamento de planificación de la producción verifica la disponibilidad de materiales como plástico, pintura y componentes electrónicos en el inventario.
  - Si los materiales están disponibles, se envía una solicitud al almacén para recoger los materiales necesarios.
  - Si los materiales no están disponibles, se realiza una orden de compra a los proveedores.
4. **Producción:**
  - El área de producción recibe los materiales y programa la producción del lote de figuras de acción.
  - Los moldes de plástico se inyectan para formar las partes de las figuras.
  - Las partes moldeadas se ensamblan y se pintan según el diseño aprobado.
  - Si las figuras incluyen componentes electrónicos, estos se integran durante el ensamblaje.
5. **Control de Calidad:**
  - Cada lote de figuras de acción pasa por un control de calidad para verificar la resistencia, el acabado, la funcionalidad y la seguridad.
  - Si el lote no cumple con los estándares de calidad, se realiza una revisión del proceso de producción y se corrigen los errores.
6. **Empaque:**
  - Las figuras que pasan el control de calidad se empaquetan individualmente con sus accesorios en cajas de presentación.
  - Las cajas se agrupan en cajas de envío.
7. **Etiquetado:**
  - Los paquetes se etiquetan con la información del producto, código de barras, número de lote y fecha de producción.
  - Se verifica que todas las etiquetas sean correctas y estén bien adheridas.
8. **Almacenamiento:**
  - Las cajas de juguetes se trasladan al área de almacenamiento.
  - El inventario se actualiza para reflejar la cantidad de producto terminado en stock.
9. **Distribución:**
  - El departamento de logística planifica la distribución según las órdenes de compra de los minoristas y mayoristas.
  - Los productos se cargan en los vehículos de reparto.
  - Los productos se entregan a los clientes según las fechas y rutas planificadas.
10. **Facturación y Cobro:**
  - El departamento de ventas genera la factura del pedido.
  - Se envía la factura al cliente.
  - El departamento de finanzas gestiona el cobro y actualiza el estado del pedido en el sistema.
11. **Fin del Proceso:**

- El proceso termina cuando el cliente recibe el producto y se confirma el pago.

#### **Detalles adicionales:**

- **Eventos:** Considerar eventos intermedios como la verificación de stock, la aprobación del control de calidad y la confirmación de entrega.
- **Decisiones:** Incluir puntos de decisión, como la verificación de disponibilidad de materiales y la aceptación del control de calidad.
- **Roles involucrados:** Identificar a los actores clave, como el equipo de diseño, el departamento de planificación, el almacén, el área de producción, el control de calidad, el departamento de logística y el departamento de finanzas.
- **Flujos de datos:** Representar cómo fluye la información entre los diferentes departamentos y sistemas, incluyendo el sistema de gestión de inventario y el sistema de planificación de recursos empresariales (ERP).

#### **Caso 4. Generación del BPMN para una Empresa de Servicios de Consultoría**

**Contexto:** Una empresa de consultoría ofrece servicios de asesoramiento en estrategias empresariales, gestión de proyectos y mejora de procesos a otras empresas. La empresa tiene varias unidades de negocio, incluyendo ventas, asignación de recursos, ejecución de proyectos y evaluación post-proyecto. El objetivo del ejercicio es modelar el proceso de prestación de servicios de consultoría utilizando BPMN.

#### **Información del Proceso:**

- 1. Inicio del Proceso:**
  - El proceso comienza cuando un cliente potencial contacta a la empresa de consultoría con una solicitud de servicios.
- 2. Evaluación Inicial del Cliente:**
  - El departamento de ventas recibe la solicitud y programa una reunión inicial con el cliente.
  - Durante la reunión, se discuten los requisitos del cliente y se recopila información relevante sobre sus necesidades.
- 3. Propuesta y Cotización:**
  - Basándose en la evaluación inicial, el equipo de ventas y el equipo de consultoría preparan una propuesta detallada.
  - La propuesta incluye el alcance del proyecto, la metodología, el cronograma y la cotización del servicio.
  - La propuesta se envía al cliente para su revisión y aprobación.
- 4. Aprobación del Cliente:**
  - El cliente revisa la propuesta y, si está de acuerdo, firma un contrato de servicios.
  - El contrato firmado se devuelve a la empresa de consultoría.
- 5. Asignación de Recursos:**
  - El gerente de proyectos revisa el contrato y asigna los consultores adecuados para el proyecto.
  - Se crea un equipo de proyecto y se asignan roles y responsabilidades.
- 6. Planificación del Proyecto:**
  - El equipo de proyecto elabora un plan detallado que incluye objetivos específicos, entregables, cronograma y recursos necesarios.

- Se programa una reunión de inicio de proyecto con el cliente para alinear expectativas y objetivos.
- 7. Ejecución del Proyecto:**
  - El equipo de consultores lleva a cabo las actividades del proyecto según el plan establecido.
  - Se realizan reuniones regulares con el cliente para revisar el progreso y ajustar el plan según sea necesario.
  - Se generan informes de progreso y se entregan al cliente periódicamente.
- 8. Control de Calidad:**
  - Se realiza una revisión interna de la calidad del trabajo realizado para asegurar que cumple con los estándares de la empresa.
  - Se solicita retroalimentación del cliente durante las fases críticas del proyecto para garantizar su satisfacción.
- 9. Entrega de Resultados:**
  - Al finalizar el proyecto, se prepara un informe final que resume los hallazgos, recomendaciones y resultados obtenidos.
  - El informe final se presenta al cliente en una reunión de cierre de proyecto.
- 10. Evaluación Post-Proyecto:**
  - Se lleva a cabo una reunión interna de evaluación post-proyecto para discutir lecciones aprendidas y oportunidades de mejora.
  - Se recopila feedback del cliente sobre su experiencia con los servicios prestados.
- 11. Facturación y Cobro:**
  - El departamento de finanzas genera la factura final basada en el contrato y el trabajo realizado.
  - La factura se envía al cliente.
  - El departamento de finanzas gestiona el cobro y actualiza el estado del proyecto en el sistema.
- 12. Fin del Proceso:**
  - El proceso termina cuando el cliente confirma la recepción de los resultados y se realiza el pago.

**Detalles adicionales:**

- **Eventos:** Considerar eventos intermedios como la aprobación de la propuesta por parte del cliente, revisiones de progreso y la evaluación final del proyecto.
- **Decisiones:** Incluir puntos de decisión, como la aceptación de la propuesta, la aprobación de hitos del proyecto y la aceptación del informe final.
- **Roles involucrados:** Identificar a los actores clave, como el departamento de ventas, el gerente de proyectos, el equipo de consultores, el departamento de finanzas y el cliente.
- **Flujos de datos:** Representar cómo fluye la información entre los diferentes departamentos y sistemas, incluyendo el sistema de gestión de proyectos y el sistema de gestión de relaciones con clientes (CRM).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Besterfield, D. H. (2009). *Control de Calidad 8ED.*
2. Mayoral, M. A. M., & Socuéllamos, J. M. (2022). *Lean seis Sigma para la mejora de Procesos.* Universidad Miguel Hernández.
3. Pulido, H. G., & De La Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis Sigma.*
4. Santos, I. S. L., & De Obesso Arias, M. M. (2020). *Gestión de la calidad.* ESIC.
5. Chapman, S. (2006). *Planificación Y Control De La Producción (1.a ed.).* Pearson Educación.
6. Chase, R., & Jacobs, R. (2022). *Administración De Operaciones (13.ª ed.).* McGraw Hill Education.
7. Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones (5.ª ed.).* Alianza Editorial.
8. Render, B., & Heizer, J. (2013). *Principios De Administración De Operaciones - 9ª Edición (9.ª ed.).* Pearson Educación.
9. Shroeder, R. (2022). *Administración De Operaciones (5.a ed.).* MCGRAW HILL EDUCATION.
10. Urbina, G. B., Valderrama, M. C., Vázquez, I. M. A. C., Cruz, G. B., Matus, J. C. G., Espejel, A. A. P., González, A. E. R., & González, A. E. R. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial (2.ª ed.).* Grupo Editorial Patria.