

## Administración de Operaciones

Los administradores de operaciones toman decisiones para administrar el proceso de transformación que convierte los insumos en los productos terminados o los servicios.

### Comprende

- **Diseño.** Productos y procesos.
- **Compras.** ¿Qué, cuándo, cuánto y a quién compra?
- **Producción.** ¿Qué, cómo, cuánto, cuándo y dónde producir?
- **Inventarios.** ¿Qué materiales? ¿Cuánto tener en inventario?
- **Calidad.** Control y mejoramiento.

Todas las organizaciones progresan mediante la producción y entrega de un bien o servicio cuyo comprador lo considera valioso.

### Función de Operaciones

Es responsable de la producción y la entrega de bienes o servicios de valor para los clientes de la organización.

### Funciones

- **Función de compras.** Proporcionar insumos dentro del proceso de transformación.
- **Función de logística.** Responsable del movimiento de los bienes o servicios.

## Toma de decisiones de Operaciones

### Tipos de decisiones

- **Procesos.**
  - Determinar el proceso físico para elaborar un producto o servicio.
  - Definir las tecnologías.
  - Roles y responsabilidades.
- **Calidad.**
  - Nivel de calidad requerido.
  - Definir los controles a implementar.
  - Identificar e implementar mejoras.
- **Capacidad.**
  - Determinar los turnos.
  - Capacidad de la planta.
  - Gestionar picos de demanda.
- **Inventario.**
  - Puntos de reabastecimiento.
  - Cantidad de inventarios en tienda.

### Decisiones Interfuncionales

Las decisiones anteriores no pueden tomarse en forma separada deben integrarse cuidadosamente entre: Operaciones, Mercadotecnia, Compras, Logística, TI y Finanzas.

## **Estrategia de Operaciones y de La Cadena de Suministro**

Se ocupa de establecer las políticas y los planes generales para utilizar los recursos de la empresa de modo que apoyen de formas más conveniente su estrategia competitiva. Involucra decisiones de diseño de un proceso y apoyo de infraestructura.

### **Estrategias de negocios**

- **Diferenciación.**
- **Costo bajo.**
- **Enfoque.**

Toda operación debe tener una misión que se conecte con la estrategia de negocios y que esté de acuerdo con las otras estrategias funcionales.

### **Decisiones estratégicas de Operaciones**

- Indicar la manera en la que se lograrán los objetivos de las operaciones.
- Definir patrón de decisiones estratégicas para cada una de las principales categorías de decisión (proceso, calidad, capacidad e inventario).

### **Proceso de Estrategia de Lazo Cerrado**

- **Desarrollar o afina la estrategia (Anual).**
  - Definir misión, visión y objetivos.
  - Análisis estratégico.
  - Iniciativas estratégicas.
- **Traducir la estrategia (Trimestral).**
  - Definir o revisar iniciativas.
  - Definir o revisar presupuestos.
  - Definir o revisar medidas y metas.
- **Planear operaciones y suministros (Mensual).**
  - Elaborar plan de ventas y operaciones.
  - Planear capacidad de recursos.
  - Evaluar presupuestos.

### **Dimensiones Competitivas**

- **Costo o precio.**
  - Mercado compra en razón de costo bajo.
  - Suelen ser mercancías generales.
  - Gran volumen de unidades.
- **Calidad.**
  - **Calidad de Diseño.** Características del producto y se establece el grado de calidad conforme requerimiento del cliente.
  - **Calidad de Proceso.** Confiabilidad del producto y la meta es producir productos sin defectos.
- **Velocidad de entrega.** Mayor rapidez respecto a los competidores.
- **Confiabilidad de entrega.** Suministrar el producto en la fecha acordada o antes.

- **Cambios de demanda.** Capacidad de la empresa de responder ante incrementos.
- **Flexibilidad y velocidad para nuevos productos.** Capacidad de ofrecer amplia variedad de productos, se debe considerar el tiempo de desarrollo.

### **Mapa de Sistemas de Actividad**

Herramienta que muestra cómo la compañía desarrolla su estrategia por medio de una serie de actividades a la medida.

### **Ambiente y Operaciones Sustentables**

Se ha convertido en una parte crecientemente importante en los objetivos y en la estrategia de las operaciones y de la cadena de suministro. Ejemplos: Eliminar contaminación del aire y agua, reducir consumo energía, minimizar huella de carbono, usar empaque biodegradable, reciclar, entre otros.

### **Medición de Productividad**

Fórmulas de productividad.

### **Integración de TI y la Estrategia de Operaciones**

#### **Gestión de Operaciones de TI**

Es la unidad responsable del mantenimiento y la gestión de la infraestructura de la organización TI, busca asegurar que los servicios cumplen los niveles acordados.

### **Aporte de TI en las compañías**

- Vender más.
- Reducir inventarios, mermas y faltantes.
- Transparentar flujo de mercancías.
- Identificar clientes críticos.
- Reducir costos.
- Mejorar el rendimientos de la fuerza de ventas.

## Funciones operacionales:

- **Mercadotecnia**
- **Finanzas**
- **Ingeniería**
- **Operaciones**

## Diseño del producto

Define el por qué el cliente debería comprar el producto y la propuesta de valor que defina el mercado meta.

- Es recomendable utilizar una lluvia de ideas para definirlo.
- Los prototipos: se basan en tres puntos, hacerlos en bruto, rápido y bien NO LO PERFECCIONE.
- Los nuevos productos se deben definir teniendo presente al mercado y al proceso productivo.
- Se necesita un diseño para comenzar a producir

Enfoques de diseño de producto:

- Basado en el mercado: se solventa la necesidad de mercado con poca consideración de la tecnología existente.
- Impulso tecnológico: La misma tecnología impulsa a que el mercado consuma el producto a producir.
- Perspectiva interfuncional: sugiere que, además de ajustarse al mercado, tenga ventaja técnica. Todas las funciones empresariales deben cooperar para que se lleve a cabo esta perspectiva.

Desarrollo de nuevos productos: se busca obtener el control de desarrollo de productos y asegurar que el equipo NPD (new product development) trate TODOS los aspectos pactados.

Proceso genérico de desarrollo de productos: cada fase se ve influenciada por dos áreas, mercadeo, diseño, producción y otras funciones.

- Fase 0: Planeación
- Fase 1: desarrollo de concepto
- Fase 2: Diseño del sistema
- Fase 3: Diseño de detalles
- Fase 4: Pruebas y retoques
- Fase 5: Producción de transición.

Colaboración de la cadena de suministro: es tan importante la colaboración interna como externa (clientes, tiendas, bodegas, demanda de fabricación la planta, proveedores), por ende:

- Clientes: se debe conocer qué hay que hacer para facilitarles la vida, incluirlos en el proceso de diseño es fundamental.
- Proveedores: se debe cuestionar si el proveedor va a cumplir con la expectativa de diseño planteada, su capacidad, si es apto para alcanzar metas.

## Función de la calidad

- **QFD** (Quality function deployment) es una herramienta que vincula los requisitos del cliente con las especificaciones técnicas.
- Es necesaria para **traducir** los **requerimientos diarios** de los clientes en **requerimientos técnicos**.
- **Facilita la cooperación interfuncional** entre mercadotecnia, ingeniería y manufactura.

La casa de calidad, incluye:

- Los requerimientos de calidad (Atributos que define el cliente)
- La tabla de planificación de la calidad (incluye la percepción del cliente y sus competidores)
- Las características de calidad (de nuestro producto)
- La matriz de relaciones (match entre requerimientos y características)
- Tabla de planificación de estándares
- Matriz de correlaciones (Positivas, negativas, techo de la casa)

## Análisis del flujo de proceso

- Objetivo: visualizar y analizar el proceso de transformación como una secuencia de pasos que conectan los insumos con los productos.
- Se utiliza para descubrir mejores métodos o procedimientos para la producción.

**Análisis de valor: DFM (design for manufacturing)** es un enfoque que consiste en:

- Simplificar productos
- Manufactura de productos múltiples utilizando partes, procesos y módulos comunes.

Este método mejora la **UTILIDAD** de un producto sin aumentar su costo, o disminuir su **COSTO** sin reducir la utilidad del producto.

**Valor:** razón de utilidad por costo, mide la cantidad de recursos empelados para hacer un producto.

**Objetivos (propósito del producto),** función básica (si se elimina esto, no sirve el producto) y secundaria (resultado de la manera en que se diseñó el producto y permitió el logro de la función básica)

#### Tipos de flujo del producto:

- **Producción continua o línea de ensamble:** para un lote grande de productos similares, con variabilidad baja, mercado masivo, repetitivo y remuneración media.
- **Flujo de lotes o taller de trabajo:** Para un lote específico de producción, variabilidad alta, mercado personalizado, no rutinario, remuneración alta.
- **Proyecto:** para una sola unidad, con una variabilidad muy alta, mercado único, no rutinario y remuneración alta.

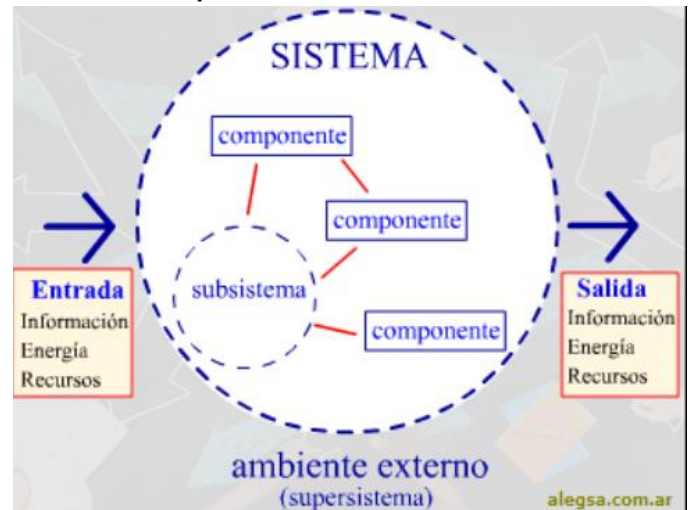
Enfoques para cumplir órdenes: MTS (Make to stock), MTO (Make to order) ATO (assemble to order)



Decisiones de selección de procesos: algunos **factores** a tomar en cuenta:

- **Condiciones de mercado**
- **Necesidades** de capital
- **Mao de obra**
- **Tecnología**
- 

#### La filosofía del proceso



Sus partes son:

- Operaciones
- Finanzas
- Contabilidad
- Recursos humanos
- Sistemas de información

Un negocio no puede vender lo que no puede producir y no puede producir lo que no puede vender.

Se busca que las funciones de una organización trabajen en forma conjunta.

- Ver a la empresa no sólo como un sistema, sino como un conjunto de procesos interconectados es parte de la filosofía.
- Ejemplos: Planeación estratégica, ingreso de órdenes, suministro del producto, satisfacción del cliente.

**Proceso:** parte cualquiera de la organización que toma insumos y los transforma en productos, que tendrán un valor más alto que los insumos originales.

**Analizar un proceso:** Necesario para ver cómo las actividades se **afectan** entre sí, además de considerar el desempeño simultáneo de las actividades que operan al mismo tiempo.

Quando se incluyen medidas del proceso, se puede mejorar cambiando uno o todos los siguientes elementos:

- Materia prima
- Diseño del producto o servicio
- Pasos de procesamiento utilizados
- Información de control administrativo

Para crearlo se siguen 6 principios:

- Elegir al responsable del proceso
- Identificar y seleccionar un proceso
- Especificar las fronteras del proceso
- Identificar y secuenciar la o las actividades
- Identificar las métricas de desempeño por actividad
- Trazar el diagrama y usar simbología estándar

Algunas preguntas para obtener información relevante para formular el proceso:

- Qué:
  - ¿Qué necesita el cliente? ¿Qué operaciones son necesarias?
- Quién:
  - ¿Quién ejecuta las operaciones, actividades? ¿Se puede reducir la mano de obra de los recursos usados en el proceso? ¿Quién es el proveedor?
- Cuándo:
  - ¿Cuándo se conduce cada operación?
- Dónde
  - ¿Existe una demora o un almacenamiento en exceso?
- Cómo:
  - ¿Cómo se hace la operación? ¿se pueden hacer mejores métodos?

Clasificación de procesos:

- Por etapas: la etapa indica que varias actividades se reunieron para efectos del análisis.
- Amortiguamiento: es el espacio entre las etapas que permite la colocación del producto resultante de una etapa antes de que se use en alguna más adelante.
- Bloqueo: Se presenta cuando las actividades de la etapa se detienen por que el producto no se puede colocar.
- Ocio/Privación: se presenta cuando las actividades de una etapa se deben detener porque no hay trabajo.
- Cuello de botella: bloqueos que se presentan entre las etapas.

Fabricar por **existencias** o por **pedido**: un enfoque busca crear productos estándar para entregar con

rapidez, el otro en respuesta a un objetivo. **Híbrido** combina las dos.

Tipos de costos en un sistema de producción: el costo es el valor sacrificado para adquirir bienes o servicios mediante la reducción de activos o incurrir en pasivos.

- Costo de venta: cuando se comercializa
- Costo de manufactura: suma de materiales directos, mano de obra, costos indirectos.
- Costo administrativo: incluye control, dirección
- Costo financiero: relacionados con la obtención de fondos.

Ley de Little: calcula el tiempo que un artículo pasará en el inventario de trabajo en proceso, lo que resulta útil para calcular el tiempo total de un proceso

Cómo reducir el tiempo de ejecución:

- Desempeñar actividades en forma paralela
- Disminuir interrupciones
- Cambiar la secuencia de las actividades

### **Just in time o manufactura esbelta**

Es un **conjunto integrado** de actividades diseñadas para lograr la **producción**, utilizando **mínimos de inventarios, materias primas y productos terminados**

Las piezas llegan a la siguiente estación JIT, se terminan y mueven con todo el proceso con rapidez.

Se basa en la lógica de que todo se produce hasta que se necesite

Se enfoca en **eliminar** procesos basura, **exceso de inventario**, transportes, TODO lo que no agregue valor o que el cliente no me paga (en Japón se le llama MUDA, lo que NO sirve)

Principios de ME

- Especificar qué es lo que realmente el cliente valora o que va a pagar
- Identificar, estudiar y mejorar la corriente del valor del proceso (mejora continua)
- Asegurar que el proceso esté libre de errores, con fluidez
- Producir lo que el cliente requiere, esforzarse en la perfección (a nivel de calidad, sin errores)

## Esquema de cadena de valor:

### Principios:

- Mantener la cadena a máxima velocidad
- Eliminar desperdicio que detiene o vuelve más lenta la cadena
- Concentrarse en eliminar desperdicio
- Buscar desperdicio en fábrica, administrativo, oficina u operaciones físicas.

### Herramientas

- Eliminar defectos (Poka Yoke)
- Automatizar
- Producir niveladamente
- Mejora continua
- Mantenimiento productivo total (Proactividad)
- JIT (Sistema SMED)

### Desperdicios

- Sobreproducción
- Tiempos de espera
- Transporte innecesario
- Exceso de procesos (por un mal diseño o mantenimiento inadecuado de los procesos).
- Exceso de inventarios
- Defectos y movimientos innecesarios.

### Principios de la cadena de valor

- Mantener la cadena de valor en movimiento a máxima velocidad
- Eliminar el desperdicio que detiene, vuelve lenta o distrae la cadena de valor
- Concentrarse en eliminar el desperdicio en lugar de acelerar las operaciones.
- Buscar los desperdicios en las fábricas.

## HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA:

JIT (Just in time) 1990, busca disminuir desperdicios en la cadena de suministro PRODUCIENDO EN EL MOMENTO QUE ES REQUERIDO, se busca:

- Igualar la oferta y la demanda
- Reducir desperdicio
- Proceso continuo, no por lotes
- Mejora continua
- Primero el recurso humano
- Sobreproducción es INEFICIECIA

## Calidad en la fuente:

- Significa hacer bien las cosas desde la primera vez y cuando algo sale mal, detener de inmediato el proceso o la línea de ensamblado
- Los obreros se convierten en sus propios inspectores, la idea es eliminar el inspector de calidad y que la gente sea la que genera valor.

**Sistema PULL:** Cada operación busca jalar sus materias primas, empieza por el final de la cadena de ensamble.

## Células de Manufactura o Tecnología de Grupos:

Filosofía en la cual las piezas similares se agrupan en familias, para que una persona haga varios trabajos.

## Cinco eses:

**Seiri (Eliminar):** Separar lo que sirve de lo que no y realizar una clasificación adecuada y entendible por los colaboradores del área productiva.

**Seiton (Orden):** Elimina lo que no sirve y se establecen normas para localizar a todos los participantes del proceso productivo, entre ellos herramientas y dispositivos fundamentales de trabajo, generando así disminución de tiempo, menos errores e interrupciones de la producción.

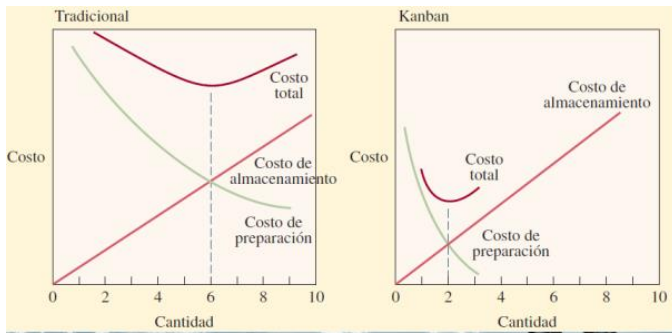
**Seiso (Limpiar):** limpieza del equipo y del lugar de trabajo para prevenir suciedad y desorden, lo que propicia condiciones óptimas para el desarrollo de productos de calidad.

**Seiketsu (Estandarizar):** se busca realizar estándares de limpieza e inspección para realizar acciones de autocontrol permanente, además permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S".

**Sitsuke (Disciplina):** busca convertir el hábito de utilizar métodos establecidos para la limpieza y orden en el lugar de trabajo y beneficia con la cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa que cada uno de los colaboradores va a compartir.

**Kanban:** Son etiquetas de instrucción que permiten:

- Eliminar especulaciones
- Eliminar sobreproducción
- Controlar procesos y mejorarlos
- Prevenir trabajos innecesarios



**Control visual:** pueden ser

- Físicos
- Gráficos
- Numéricos
- Colores
- Fáciles de ver

**SMED:** Single Minute Exchange of Die, se busca realizar cambios en menos de N minutos, se reduce el tiempo de switching en planta.

**JIDOKA:** verificar en el proceso, parar la máquina para que no llegue a la otra estación el producto detectado como malo.

**HEIJUNKA:** crear y construir una secuencia de producción, determinada por el promedio de la demanda.

**POKA YOKE:** prevenir los errores antes de que sucedan o hacerlos obvios, se busca eliminar los defectos

**ANDON:** Mostrar el estado de producción en tiempo real, con el fin de alertar si se están haciendo bien las cosas o no

**Kaizen** (Mejora continua): Kai -> cambio Zen -> mejor Programa de mejoramiento continuo que se basa en el equipo de trabajo y la utilización de las habilidades y conocimientos del personal involucrado enfocado a la estandarización de los procesos.

- Requiere de un equipo integrado por distintas áreas (producción, mantenimiento, calidad, compras, ingeniería, entre otros)
- Busca aumentar la productividad con reducción de tiempos de ciclo, estandarizando criterios de calidad y de métodos de trabajo.
- Se identifica el desperdicio como MUDA.

**TPM** (Mantenimiento productivo total): sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo y busca:

- Prevenir las pérdidas en todas las áreas de la empresa.
- 0 accidentes, fallos, defectos en todo el ciclo de vida productivo.
- Se apoya en la participación de todos los integrantes.
- Maximiza la eficiencia del sistema productivo.
- Previene pérdidas, accidentes, defectos y fallos.

**Productividad tradicional vs Manufactura esbelta:**

+ tiempo de entrega	JIT, rápido, a tiempo
+ costo, - rotación inventario	- costo, + rotación
Lotes de producción	Una pieza
Push	Pull
Programación continua del proceso	KANBAN
Cambios de modelo poco frecuentes	Células de manufactura y flexibilidad
Desperdicios ocultos	Desperdicios visibles
Cuellos de botella	Flujos nivelados, con amortiguamiento.
Reactivo	Proactivo

¿Qué se necesita para implementar la ME?

- Equipo que lidere del proceso que se necesita mejorar
- Determinar qué necesita el cliente
- Construir un mapa de corriente de valor de todos los pasos del proceso.
- NO propiciar nada hasta que el cliente lo quiera

Six sigma: mide la desviación de los procesos.

Para lograr la calidad de los Six Sigma, un proceso debe producir no más de 3.4 defectos por millón de oportunidades.

La oportunidad se define como la probabilidad de no conformidad o de no cumplir las calificaciones requeridas.

Conceptos clave de six sigma

- Crítico de calidad: atributos más importantes para el cliente (tiempo, calidad)
- Defecto: no cumplir con lo que el cliente quiere
- Capacidad del proceso: lo que ofrece el proceso para producir six sigma



- Variación: lo que el cliente percibe o considera con el producto.
- Operaciones estables: Garantiza procesos congruentes y predecibles para mejorar lo que se ve.
- Diseño para sig-sigma: diseño para cumplir con las necesidades del cliente y la capacidad del proceso.

Administración de la calidad total: la organización de modo que sobresalga en todas las dimensiones de productos y servicios que son importantes para el cliente.

Que se entiende cuando se habla de calidad:

Son las decisiones y acciones tomadas en relación con la calidad de su diseño y conformidad a ese diseño.

Suposiciones básicas que justifican un análisis de los costos de la calidad

- ¿Las fallas son provocadas?
- ¿La producción es más barata?
- ¿Se puede medir el desempeño?

Costos de la calidad:

- Costos de evaluación
- Costos de prevención
- Costos de falla interna: lo que se puede determinar antes de que el producto salga de la fábrica.
- Costos de falla externa: los generan los clientes

Ejemplo de informe de costos:

Costos de prevención:

- Capacitación de calidad
- Asesoría en confiabilidad
- Corridas de producción piloto
- Desarrollo de sistemas

Costos de evaluación

- Inspección de materiales
- Inspección de suministros
- Pruebas de confiabilidad
- Pruebas de laboratorio

Costos de falla interna

- Desperdicios, reparación, retrabajo, tiempo muerto.

Costos de fallas externas:

- Costos de garantía, Reparaciones, imagen, pérdida en transporte.

El cálculo de IDPMO requiere tres datos:

- Unidad: El artículo producido o el servicio prestado
- Defecto: Cualquier artículo o suceso que no ocurra
- 

$DPMO = \frac{\text{Numero de defectos}}{\text{número de oportunidades de error por unidad} \times \text{número de unidades}} \times 1000000$ .

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve, Control

Gráficas de control

- Línea central con variabilidad superior e inferior

Lean 6 sigma

- Herramientas de implantación y control de calidad de six sigma
- Conceptos de administración de materiales de manufactura esbelta

Resultado: Volúmenes grandes de producción.

Cintas negras: entrenan o dirigen un equipo de mejoramiento.

Cintas negra maestro: varios equipos de mejoramiento

Cintas verdes: empleados que reciben suficiente capacitación para participar en un equipo.

Normas de calidad: ISO 9000 referencia internacional de las necesidades de calidad en los procesos de la empresa.

Estándares básicos de ISO 9000 se basan en 8 principios

- Enfoque a los clientes
- Liderazgo
- Participación de las personas
- Enfoque en procesos
- Enfoque en sistemas de administración
- Mejoramiento continuo
- Enfoque real en la toma de decisión
- Relaciones de beneficio mutuo con los proveedores.

## Resumen de capítulo 5 y 6

Six sigma: Disciplina que ayuda en el desarrollo y entrega de servicios de alto nivel.

Sigma: termino estadístico que mide la desviación de las especificaciones de un proceso.

Idea central del six sigma: medir cuantos “defectos” tiene un proceso y al conocerlos poder eliminarlos sistemáticamente pensando en “cero defectos”, lograr la calidad six sigma un proceso debe producir más de 3.4 defectos por millón de oportunidades.

Oportunidad: probabilidad de no conformidad o de cumplir con las especificaciones.

Defecto: cualquier cosa que no se encuentre en las especificaciones de los clientes.

Las Variaciones son los enemigos de la calidad.

Conceptos claves:

- Crítico para la calidad: Los atributos más importantes para el cliente.
- Defecto: No cumplir los requerimientos.
- Capacidad del proceso: Lo que ofrece el proceso
- Variación: Lo que el cliente percibe y considera
- Operaciones estables: Garantizar procesos congruentes y predecibles para mejorar las consideraciones del cliente.
- Diseño para six sigma: Cumplir necesidades del cliente y la capacidad del proceso.

Administración de la calidad total: Sobresalida de todas las dimensiones de productos y servicios que son importantes para el cliente.

Líderes filosóficos de la calidad:

	CROSBY	DEMING	JURAN
Definición de calidad	Conformidad con los requisitos	Un grado predecible de uniformidad y dependencia a un costo bajo y adecuado para el mercado	Idoneidad de uso (satisface las necesidades del cliente)
Grado de responsabilidad de la alta dirección	Responsable de la calidad	Responsable del 94% de los problemas de calidad	Menos del 20% de los problemas de calidad se deben a los trabajadores
Estándar de desempeño/motivación	Cero defectos	La calidad tiene muchas “escalas”; uso de estadísticas para medir el desempeño de todas las áreas; crítico de cero defectos	Evitar campañas para hacer un trabajo perfecto
Planteamiento general	Prevención, no inspección	Reducir la capacidad de variación según el mejoramiento continuo; suspensión de la inspección en masa	Planteamiento general de administración de la calidad; en especial los elementos humanos
Estructura	14 pasos para el mejoramiento de la calidad	14 puntos para la administración	10 pasos al mejoramiento de la calidad
Control estadístico del proceso (CEP)	Niveles de calidad de rechazos estadísticamente aceptables [se quiere el 100% de calidad perfecta]	Se deben usar métodos estadísticos de control de calidad	Recomienda el CEP pero advierte que puede conducir a un planteamiento con herramientas

	CROSBY	DEMING	JURAN
Base de mejoramiento	Un proceso, no un programa; metas de mejoramiento	Continuo para reducir la variación; eliminar metas sin métodos	Planteamiento de equipo por proyecto; establecer metas
Trabajo en equipo	Equipos de mejoramiento de calidad; consejos de calidad	Participación de los empleados en la toma de decisiones; deshacer los obstáculos entre departamentos	Planteamiento de equipo y círculo de calidad
Costos de la calidad	Costo de no conformidad; la calidad es gratis	Menos que óptimo; mejoramiento continuo	La calidad no es gratis, no hay un punto mejor
Compra y bienes recibidos	Requisitos del estado; el proveedor es la extensión de la empresa; la mayoría de las fallas se debe a los compradores	Inspección demasiado tarde; el muestreo permite que los defectos entren en el sistema; se requiere evidencia estadística y gráficas de control	Los problemas son complejos; se realizan encuestas formales
Calificación del vendedor	Sí; las auditorías de calidad son inútiles	No, es crítico de la mayoría de los sistemas	Sí, pero se debe ayudar a que el proveedor mejore

Especificaciones de calidad: Son las decisiones y acciones tomadas en relación con la calidad de su diseño y conformidad a ese diseño.

Calidad del diseño:

- Desempeño: Características principales del producto.
- Características secundarias: características que agregan valor, pero no son las principales
- Confiabilidad: Congruencia del desempeño en el tiempo.
- Capacidad de servicio: Facilidad de reparación.
- Estética: Características sensoriales (Tacto, Sonido).
- Calidad percibida: Desempeño anterior y reputación.

Calidad en el origen: Las personas que hacen el trabajo tienen la responsabilidad de que se cumplan los requerimientos.

Costo de la calidad: Costos atribuibles a la producción de calidad no es 100% perfecta, se estima que entre el 15% y el 20% de cada dólar es invertido en el proceso de calidad.

Suposiciones básicas en un análisis de costos de la calidad:

1. Las fallas son provocadas
2. La prevención es más barata
3. Se puede medir el desempeño

Diferentes costos de la calidad:

- Costos de evaluación
- Costos de prevención
- Costos de falla interna
- Costo falla externa

## Iceberg de la Mala Calidad



26

El incremento de la productividad se representa como una consecuencia de reducir el costo de calidad.

Six sigma compara la variabilidad en diferentes procesos usando DPMO (Defectos por millón de oportunidades).

Calculo del DPMO:

- Unidad: Artículo/servicio producido
- Defectos: Cualquier artículo o suceso que no cumpla con los requisitos.
- Oportunidad: Posibilidad de defecto.

Formula:

$$DPMO = \frac{\text{Número de Defectos}}{\text{Número de oportunidades de error por unidad} \times \text{número de unidades} \times 1.000.000}$$

Herramientas para analizar six sigma:

- Diagramas de flujo: Modelos formalizados de insumos y productos, que definen las etapas de un proyecto.
- Graficas de corridas: Representan tendencias de los datos al paso del tiempo.
- Graficas de Pareto: Desglosan un problema en las contribuciones relativas de los componentes
- Formas de comprobación: Formas para unificar el acopio de datos y sirven para crear histogramas.

- Diagrama de causa y efecto (Ishikawa): Muestra relaciones propuestas hipotéticamente entre causas potenciales y el problema que se estudia.
- Diagrama de flujo de oportunidades: Se usa para discernir en un proceso los pasos que agregan valor de los que no lo hacen.
- Gráfico de control: Son graficas de series temporales que muestran los valores graficados de una estadística, incluyendo un promedio central y uno o más límites de control.

Six-sigma esbelta:

Control de calidad six sigma + manufactura esbelta = volúmenes de producción con menores desperdicios, mediante el uso de métodos de inventarios justo a tiempo.

#### RESPONSABILIDADES EN SIX-SIGMA

- Gestar campeones que se apropien de los procesos que hay que mejorar.
- Capacitación corporativa en los conceptos y herramientas de six sigma:
  - Cintas Negras, entrenan o dirigen un equipo de mejoramiento Six-Sigma;
  - Cintas Negras Maestros, dirigen varios equipos de mejoramiento.
  - Cintas Verdes, son empleados que recibieron suficiente capacitación para participar en un equipo.
- Determinar la dificultad de los objetivos de mejoramiento.

Normas de calidad:

Son estándares internacionales de administración y aseguramiento de la calidad.

ISO 9000: especifica la manera en que una organización opera sus estándares de calidad, tiempos de entrega y niveles de servicio. Existen más de 20 elementos en los estándares de esta ISO que se relacionan con la manera en que los sistemas operan.

ISO 14000: es un conjunto de normas que cubre aspectos del ambiente, de productos y organizaciones

Los estándares ISO proporcionan guías de calidad de aceptación universal.

Aunque no se requiera certificación, muchas compañías han visto que es esencial para ser en los mercados globales.

Benchmarking:

- Identificar procesos que necesitan mejoras: identificar a la empresa que tenga el liderazgo mundial en ejecución del proceso.
- Analizar los datos: Esto entraña buscar lagunas entre lo que su compañía hace y lo que hace la compañía de referencia.

## Capítulo 9A:

### Control y mejoramiento de la calidad mediante procesos de TI

#### CONTROL ESTADÍSTICO:

El CEC es ¿con qué eficiencia se cubren las **especificaciones** establecidas durante el diseño de las piezas o servicios que se ofrecen?

Por lo regular, los procesos que ofrecen bienes y servicios muestran cierta variación en sus resultados:

La variación provocada por factores que se identifican con claridad y posiblemente se manejen, se conoce como **variación asignable**. Por ejemplo, una variación asignable se debe a los trabajadores que no tienen la misma capacitación o por el ajuste inadecuado de una máquina.

La variación que es inherente al proceso y no es controlable es la **variación común o variación aleatoria**. Por ejemplo: pequeños cambios en la calidad del plástico.

Repaso estadístico:

La media  $\bar{X}$ :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

- $X_i$  = Valor Observado
- $N$  = Número total de
- valores observados

La desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

proceso, aunque la varianza real de la distribución de la muestra sea menor.

La distribución asociada con las muestras deberá tener la misma clase de variabilidad que la distribución real del

En la terminología del CEC, sigma se utiliza a menudo para referirse a la desviación estándar de la muestra.

#### VARIACIÓN A NUESTRO ALREDEDOR

En general, se acepta que conforme la variación disminuye, la calidad mejora. No obstante es imposible tener una variabilidad cero. Por esta razón, los diseñadores establecen especificaciones que definen no sólo el valor predeterminado de algo, sino también los límites aceptables en relación con el objetivo. Por ejemplo, si el valor predeterminado de una dimensión es 10 pulgadas, las especificaciones de diseño deben ser 10.00 pulgadas  $\pm$  0.02 pulgadas. Estos límites se conocen con frecuencia como límites de especificación (o tolerancia) superior e inferior.

#### CAPACIDAD DEL PROCESO

El proceso utilizado para producir un bien o prestar un servicio debe ser tan eficiente que la probabilidad de generar un defecto es muy, muy baja.



## CAPACIDAD DE LOS PROCESOS

Se diseña un cojinete para un eje giratorio el diámetro debe de ser de  $1.250 \pm 0.005$ , se requiere averiguar la constancia del proceso de producción.

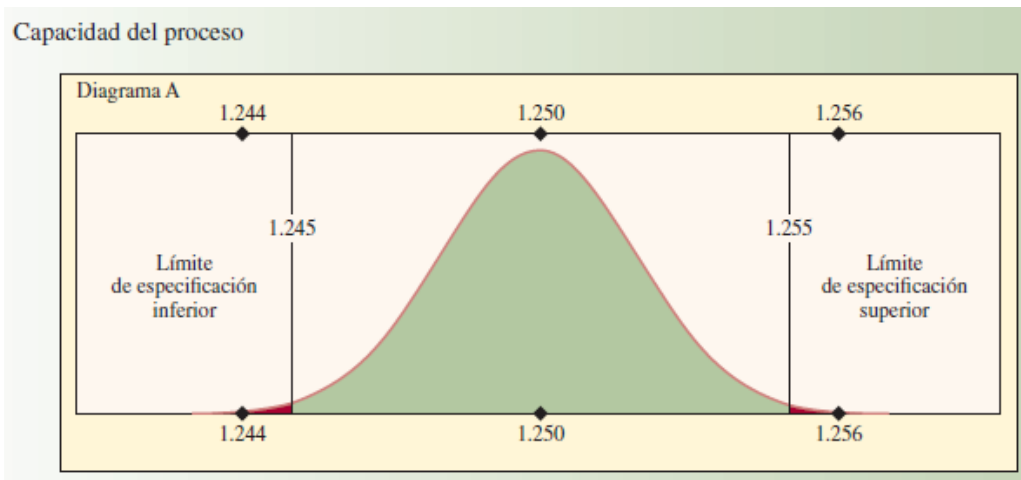
Según el ejemplo, donde el proceso no está centrado, con una media de 1.251 pulgadas,  $\sigma = 0.002$  en 0 sigma, LTI = 1.245 y LTS = 1.255

Ver Página 335 ejemplo 9A.1 (Chase)

En general es aceptado que un proceso está en control estadístico, cuando su media se encuentra en un intervalo de tres desviaciones estándar por encima o por debajo. A estos límites de control se le llaman límites de control superior e inferior

Cuál es la diferencia entre los límites de control y los límites de tolerancia, pues los límites de tolerancia son definidos en la fase de diseño y son fijos en cambio los límites de control son definidos por el proceso y sirven para: tener en contención las variaciones aleatorias y servir de alerta en caso de tener variaciones asignables.

Los límites de control para el ejemplo serian:



$$\begin{aligned} -LCS: 1.256 &= 1.250 + (3 \times 0.002) \\ -LCI: 1.244 &= 1.250 - (3 \times 0.002) \end{aligned}$$

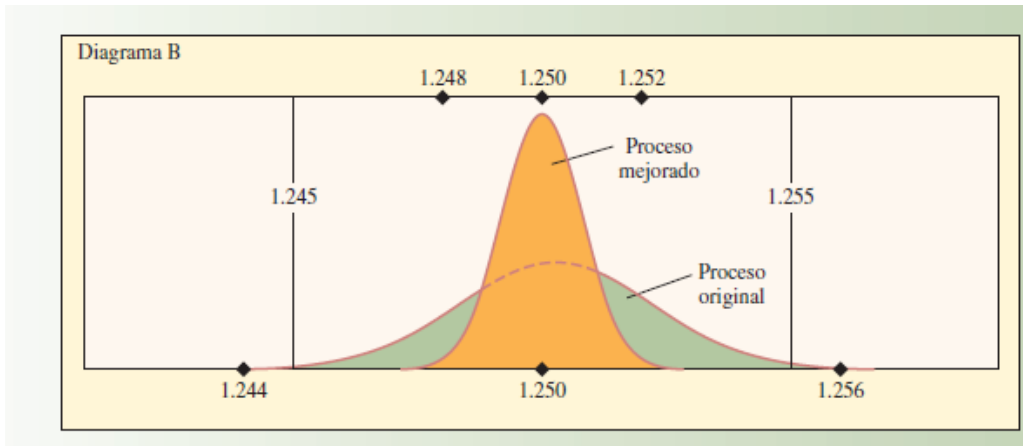
Distribución normal del proceso.

Aun teniendo una medida dentro de los límites de especificación esto no basta, ya que hay colas fuera de los límites que en el proceso podrían producir piezas defectuosas. Con esto se obliga a buscar medidas para identificar y evaluar los puntos de mejora para que el proceso se encuentre dentro de los límites de producción y diseño.

Como hacerlo:

1º aplicando six-sigma, los límites de especificación de diseño se deben encontrar a 6 desviaciones estándar de la medida del proceso. Con las especificaciones del ejemplo:  $\sigma_1 = (0.005/6) = 0.00083$  por consiguiente nuestro proceso debe pasar de  $\sigma = 0.002$  a  $\sigma = 0.00083$  y los nuevos límites serian:

$$\begin{aligned} LCS: 1.252 &= 1.250 + (3 \times 0.00083) \\ LCI: 1.248 &= 1.250 - (3 \times 0.00083) \end{aligned}$$



Con estos cambios el proceso tiene calidad six-sigma y está dentro de los límites de especificación

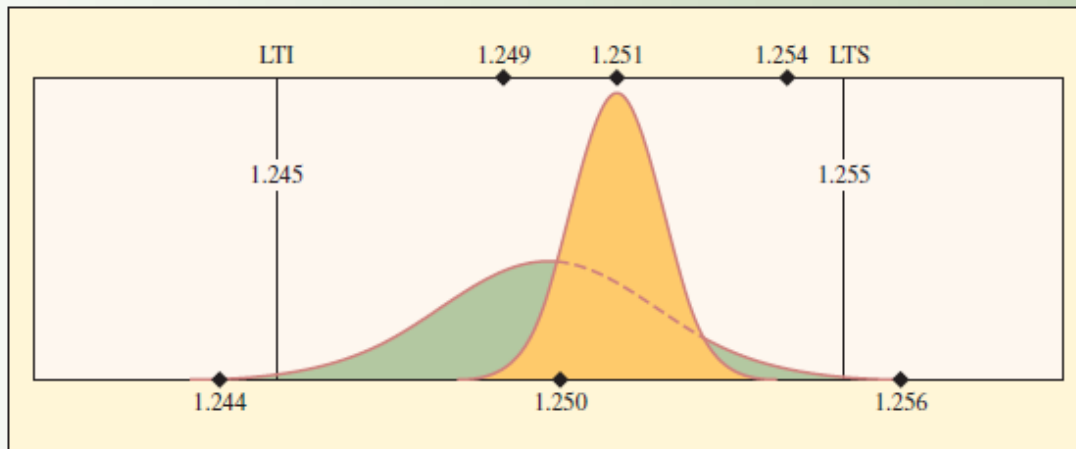
### ÍNDICE DE CAPACIDAD (Cpk)

El índice de capacidad (Cpk) muestra la eficiencia con la que las piezas producidas entran en el rango que los límites de diseño especifican.

Si estos límites son más altos que las tres-sigma permitidas en el proceso la medida del proceso podrían alejarse del centro, aun se seguiría produciendo un alto porcentaje de piezas buenas, antes de ser necesario un reajuste.

La medida se traslada de 1.250 a 1.251 y el sistema sigue siendo capaz por six-sigma.

Capacidad del proceso con un cambio en la media del proceso



El Cpk el posición de la media y las colas de proceso en relación con las especificaciones de diseño. Entre más alejado del centro mayor la probabilidad de producir piezas defectuosas.

De manera formal el Cpk indica la dirección de cambio con el número más pequeño del siguiente intervalo.

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{\bar{X} - LTI}{3\sigma} \text{ o } \frac{LTS - \bar{X}}{3\sigma} \right]$$



$$C_{pk} = \min \left[ \frac{1.251 - 1.245}{3(.00083)} \text{ o } \frac{1.255 - 1.251}{3(.00083)} \right]$$

$$= \min \left[ \frac{.006}{.00249} \text{ o } \frac{.004}{.00249} \right]$$

$$C_{pk} = \min [2.4 \text{ o } 1.6]$$

Efectivamente, como ya habíamos concluido con el gráfico, el proceso tiene un corrimiento hacia la especificación superior.

Se debe analizar la situación por que, de seguir la tendencia y llegar a un mínimo de 1, habremos perdido los **3σ de holgura** y solo quedaremos con los **3σ mínimos** del proceso en el límite superior.

**Probabilidad de producir un defecto:**

$$Z_{LTI} = \frac{LTI - \bar{X}}{\sigma} \quad Z_{LTS} = \frac{LTS - \bar{X}}{\sigma} \quad Z_{LTI} = \frac{1.245 - 1.251}{.00083} = -7.2289 \quad Z_{LTS} = \frac{1.255 - 1.251}{.00083} = 4.8193$$

Estos valores de Z exceden los plasmados en las tablas de distribución normal

$P(Z_{LTI} = -7.2289) = 0.00000000000024361$   
 $P(Z_{LTS} = 4.8193) = 0.999999928$

Cola izquierda: 0.00000000000024361  
 Cola derecha:  $1 - 0.999999928 = 0.00000082$   
 Probabilidad Total: 0.00000082000024361 = 0.82 piezas por millón.

**Solo se esperan 0.82 piezas defectuosas por cada millón producidas.**

La tabla siguiente es una referencia rápida para la fracción de unidades defectuosas para diversos límites de diseño (expresados en desviaciones estándar). Esta tabla supone que la desviación estándar es constante y que el proceso está centrado exactamente entre los límites de diseño.

LÍMITES DE DISEÑO	PIEZAS DEFECTUOSAS	FRACCIÓN DE DEFECTOS
$\pm 1\sigma$	317 por cada mil	.3173
$\pm 2\sigma$	45 por cada mil	.0455
$\pm 3\sigma$	2.7 por cada mil	.0027
$\pm 4\sigma$	63 por cada millón	.000063
$\pm 5\sigma$	574 por cada mil millones	.00000574
$\pm 6\sigma$	2 por cada mil millones	.00000002

## PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE PROCESOS

Existen dos tipos de mediciones aplicadas en los procesos en las operaciones de calidad:

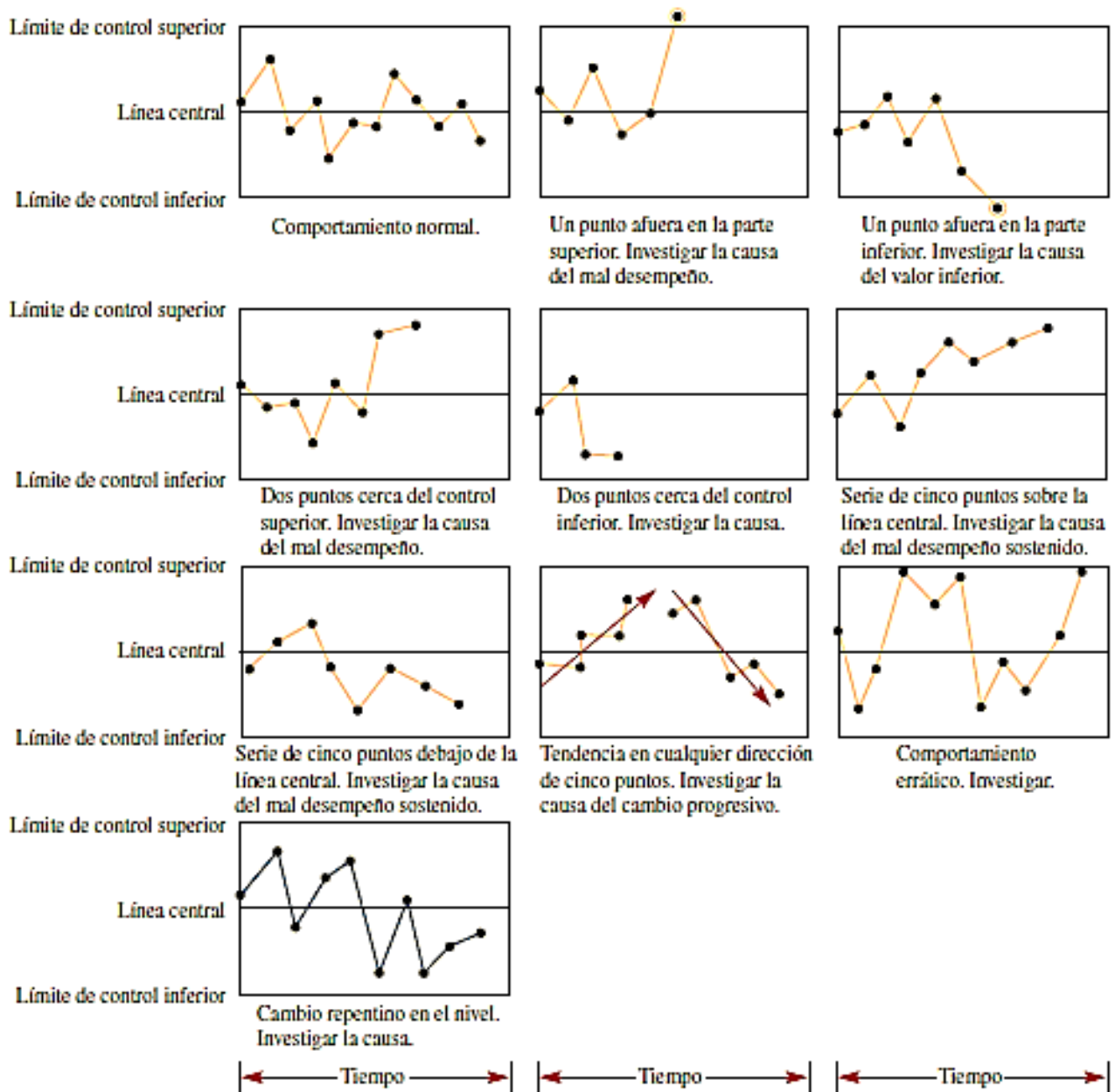
1. Por **atributos**, estos son características de calidad que se clasifican como que cumplen o no cumplen con la especificación.

2. Por **variables**, se mide con respecto a una desviación estándar establecida.

Los dos se pueden controlar por medio de graficas de control. Una gráfica de control no es más que un serie de X(techo) de muestras en intervalos de control.

### Reglas de control estadístico:

Las siguientes reglas son en realidad tendencias que hacen advertir que el proceso se está saliendo de control y que es necesario intervenirlo para encontrar las razones generalmente por variaciones asignables.



## GRAFICAS P

Busca representar la fracción de defectos de una cadena de muestras probadas. Si las muestras se mantienen dentro de los límites de control entonces se supone que el proceso funciona.

$$\bar{p} = \frac{\text{Número total de defectos de todas las muestras}}{\text{Número de muestras} \times \text{Tamaño de la muestra}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCS = \bar{p} + z s_p$$

$$LCI = \bar{p} - z s_p$$

Donde p es la fracción defectuosa, sp es la desviación estándar, n es el tamaño de la muestra y z es el número de desviaciones estándar para una confi anza específica. Por lo general, se usa z = 3 (99.7% de confi anza) o z = 2.58 (99% de confi anza).

Ver pagina 337, EJEMPLO 9A.2: Diseño de gráficas de control

- 1º paso: averiguar la fracción de defectos de la muestra.
- 2º paso: averiguar la fracción estándar de la muestra.
- 3º paso: averiguar los límites de control superior e inferior.
- 4º paso: calcular la fracción de defectos de cada una de las muestras.
- 5º paso: graficar.

## GRÁFICAS X Y R

La graficas de control X y R se usan para determinar el grado de aceptación o rechazo del proceso, con base en medición de variables. Se mide el peso, volumen, número de pulgadas o cualquier otra variable real. Cuatro aspectos para crearlas:

*Tamaño de las muestras:* es preferible que las muestras sean pequeñas, de cuatro a cinco unidades. (pequeñas porque el proceso puede cambiar mientras se toman las muestras y entre más grande cuesta más).

*Numero de muestras:* se sugiere que sean alrededor de 25 muestras.

*Frecuencia de las muestras:* depende del costo del muestreo y el beneficio de ajustar el sistema.

*Limites de control:* establecer límites de control tres desviaciones estándar sobre la media y tres desviaciones estándar debajo de ésta.

## CÓMO TRAZAR GRÁFICAS X y R

Si se conoce la desviación estándar de la distribución del proceso, es posible definir la gráfica X:

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + z s_{\bar{X}} \quad y \quad LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - z s_{\bar{X}}$$

donde

$S_{\bar{X}} = s/\sqrt{n}$  = Desviación estándar de las medias de la muestra

$s$  = Desviación estándar de la distribución del proceso

$n$  = Tamaño de la muestra

$\bar{\bar{X}}$  = Promedio de las medias de la muestra o un valor predeterminado para el proceso

$z$  = Número de desviaciones estándar para un nivel de confianza específico (por lo regular,  $z = 3$ )

Fórmulas para el promedio y el promedio de promedios:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

donde

$\bar{X}$  = Media de la muestra

$i$  = Número de artículos

$n$  = Número total de artículos en la muestra

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_j}{m}$$

donde

$\bar{\bar{X}}$  = El promedio de las medias de las muestras

$j$  = Número de muestras

$m$  = Número total de muestras

Pero la realidad, es que en la práctica muy pocas veces se conoce la desviación estándar de un proceso. Por esta razón, casi siempre se emplea información real sobre la muestra. Por esta razón, para realizar la gráfica de  $\bar{X}$  nos apoyaremos paralelamente con la gráfica de  $R$  (gráficas de rangos).

Una gráfica  $R$  es un diagrama del rango dentro de cada muestra y es el promedio del rango de cada muestra.

- Este rango es la diferencia entre los números más altos y más bajos en esa muestra.
- Proporcionan una medida de la variación que se calcula con facilidad y se utiliza como una desviación estándar.

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^m R_j}{m}$$

$R_j$  = Diferencia entre las medidas más alta y más baja en la muestra

$\bar{R}$  = Promedio de las diferencias en las mediciones  $R$  para todas las muestras

De esta manera los límites de control para la gráfica  $\bar{X}$ :

Límite de control superior para  $\bar{X} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$     Límite de control inferior para  $\bar{X} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

De esta manera los límites de control para la gráfica  $R$ :

Límite de control superior para  $R = D_4 \bar{R}$     Límite de control inferior para  $R = D_3 \bar{R}$

Factor para determinar a partir de R los tres límites de control sigma para las gráficas X y R

NÚMERO DE OBSERVACIONES EN EL SUBGRUPO $n$	FACTOR PARA LA GRÁFICA $\bar{X}$ $A_2$	FACTORES PARA LA GRÁFICA $R$	
		LÍMITE DE CONTROL INFERIOR $D_3$	LÍMITE DE CONTROL SUPERIOR $D_4$
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

Ver página 337, EJEMPLO 9A.3: Gráficas X y R

1º paso: Averiguar los promedios X y los rangos R de cada muestra.

2º paso: Averiguar el promedio de promedios y el promedio de rangos.

3º paso: calcular los límites de control.

4º Graficar. 5º Analizar