



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

DESARROLLO EMPRESARIAL



DIPLOMADO EN MAPEO Y REDISEÑO DE PROCESOS

MÓDULO VI *ELABORACIÓN DE ESTÁNDARES E IDENTIFICADORES DE PROCESOS*

Del 05 al 19 de Agosto de 2006

APUNTES GENERALES

DE-44

Instructor: Ing. Jorge Caudillo Gutiérrez
Palacio De Minería
Agosto del 2006

DIPLOMADO EN: MAPEO Y REDISEÑO DE PROCESOS**Modulo VI****ELABORACIÓN DE ESTÁNDARES E
IDENTIFICADORES DE PROCESO****OBJETIVO:**

Conocer y aplicar técnicas de elaboración de indicadores, estándares e índices y como mantenerlos actualizados

CONTENIDO TEMÁTICO:**1. Especificaciones del proceso**

- 1.1. De fondo
- 1.2. De forma
- 1.3. Estándares del proceso
- 1.4. Herramientas estadísticas de control de procesos

2. Estándares del proceso

- 2.1. Formas de especificación de estándares
- 2.2. Métodos para su determinación

3. Indicadores de proceso

- 3.1. Registro y actualización
- 3.2. Actualización
- 3.3. Herramientas para implementar indicadores de procesos

4. Índices de gestión

- 4.1 Costo – beneficio
- 4.2 Productividad
- 4.3 Calidad

Cuando establecemos un programa de calidad, una de las prioridades a seguir es la participación y atención del cliente, de aquí se deriva que debemos tener información de la opinión del cliente respecto al producto o servicio que reciben; y la forma de lograr esto, es, definiendo estándares realistas y transparentes de calidad en la atención al cliente.

La modernización implica medir lo que hacemos para poderlo mejorar, pero antes debemos de medir cual es nuestra situación actual y que queremos hacer para mejorarla.

Dejemos en claro algunos elementos importantes para entender claramente de que estamos hablando al referirnos a "la situación actual"

SERVICIO – CLIENTE

Servicio. El servicio es el conjunto de cosas tangibles, acciones, interacciones interpersonales y actitudes que diseñamos y entregamos para satisfacer la necesidad de un cliente y que esta en nuestra área de especialidad o rango de acción. El servicio es todo lo que sale del departamento y que el cliente recibe; es como lo ve el cliente, no como lo ve el proveedor.

- Un servicio es una actividad y una actitud
- Brinda una satisfacción al que lo recibe y al que lo ofrece y presta.
- En ocasiones, un servicio se observa y se siente, pero es inmaterial.
- No se puede almacenar
- El cliente o usuario, participa como receptor del servicio
- Con frecuencia, el servicio va acompañado de un producto

¿Cuáles son nuestros servicios?

- ¿Qué es lo que sale de nuestra oficina y recibe el cliente?
- ¿Qué es lo que el cliente ve que recibe?
- ¿Qué es lo que realmente necesita el cliente?

¿Quién es mi cliente?

- Es toda persona o función que es impactada por nuestro trabajo o por nuestros servicios
- Es el que solicita, recibe o se beneficia del servicio brindado.
- Es todo aquel que tenga una necesidad en nuestro campo o competencia.

CLIENTES INTERNOS	CLIENTES EXTERNOS
LIDER	USUARIO
COLABORADORES	PROVEEDOR
COMPAÑEROS	CLIENTE DEL CLIENTE

"Todos somos necesarios, nadie es indispensable"

Suponga el caso en el que repentinamente, usted abandona su puesto de trabajo sin avisar y sin dejar una persona que lo sustituya. Usted abandona su puesto durante 3 semanas, sin que nadie sepa donde encontrarlo.

- ¿quiénes se quejarían?
- ¿qué personas no podrían continuar haciendo su trabajo?
- ¿cuáles de los servicios que presta su empresa se verían suspendidos?
- ¿qué tramites o procedimientos no continuarían su proceso normal?

Responde estas preguntas en las siguientes líneas: (8 minutos)

Para dar un buen servicio necesitamos conocer:

- A nuestros clientes
- Sus necesidades

La planeación de nuestras actividades está dictaminada por el cliente al que se le presta un servicio.

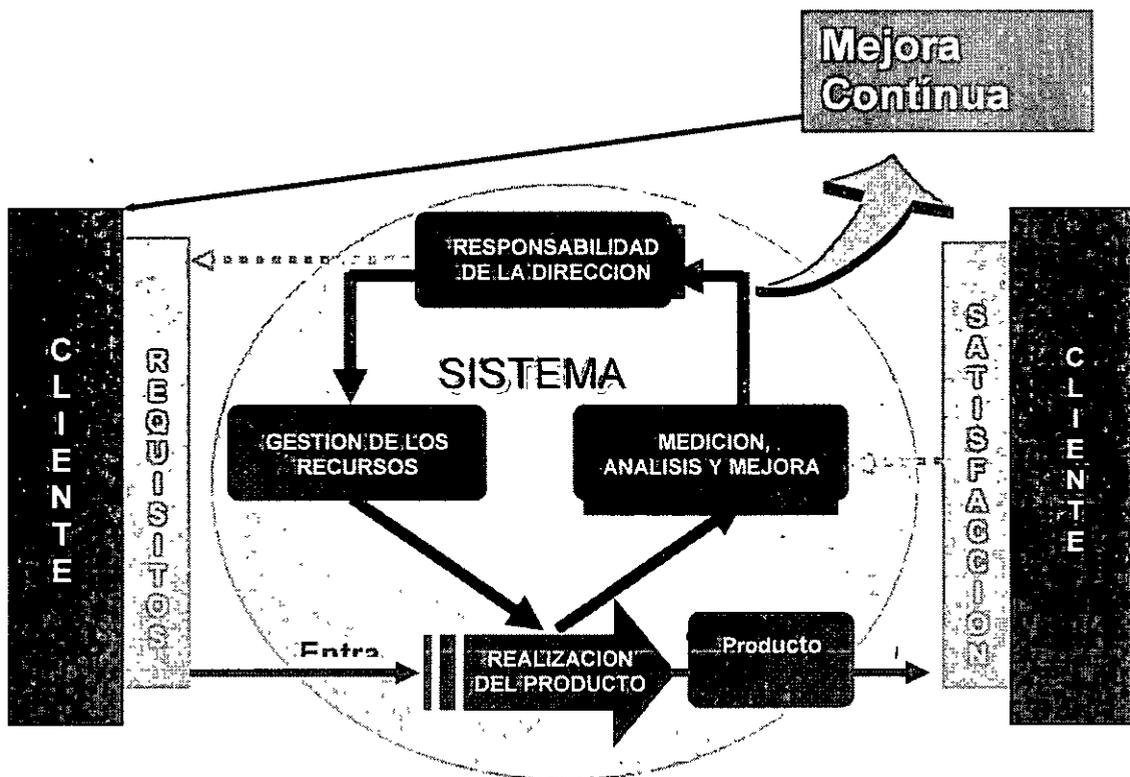
¿Qué requieren nuestros clientes?, ¿Cómo lo requieren?, ¿en que momento lo requieren?

Son preguntas que pronto contestaremos.

Identifiquemos lo elementos en el servicio

Especifiquemos las definiciones técnicas de operación que vamos a manejar en el resto del curso. Los conceptos que buscamos conocer son:

- Sistema
- Cliente externo
- Cliente interno
- Proveedor
- Producto o servicio
- Retro información



a) Sistema

Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados entre sí para lograr un conjunto de metas. Bajo esta definición, casi todo lo que nos rodea, si no es que todo, puede ser atendido y analizado bajo el enfoque de sistemas. Por ejemplo un hospital es un sistema, una familia y una oficina de correos son también ejemplo de un sistema. El ambiente en que vivimos esta también formado por sistemas y trabajamos en un sistema en el que todo tiene una interrelación con mayor fuerza en la unión de un factor u otro.

Todos los sistemas tienen entradas, salidas y procesos. Los procesos convierten las entradas en salidas.

b) Cliente externo

La persona u organización que recibe un producto, servicio información pero que no forma parte de la organización que lo provee u ofrece este servicio. El cliente externo es la persona mas importante para nosotros, ya que es la persona que finalmente nos va a evaluar y que decidirá que tan bien se le presto el servicio.

c) Cliente interno

El receptor (persona o departamento) de un resultado (producto, servicio o información) de otra persona o departamento dentro de una organización. Es muy importante clarificar que tenemos dos tipos de clientes, porque si no le prestamos al cliente interno un buen servicio, no podremos brindarle un producto de calidad al cliente externo.

d) Proveedor

La oficina o persona que entrega un servicio, producto o información a un cliente (interno o externo).

e) Retroinformación

La retroinformación es el juicio que recibe un emite el cliente al recibir un producto, un servicio o información. La retroinformación es la mejor fuente de información que tiene el proveedor para mejorar su servicio o producto. Cuando la retroinformación no se da, la dependencia que presta un servicio camina a ciegas.

" No se sabe cuanta diferencia existe entre lo que el cliente espera y lo que el cliente recibe"

Ejercicio

Una persona acude a un verificentro para la verificación semestral de su vehiculo.

Identifique quién es el cliente interno, externo, proveedor, el sistema y la retroinformación. (10 minutos)

SISTEMA

CLIENTE INTERNO

CLIENTE EXTERNO

PROVEEDOR

RETROINFORMACIÓN

Para el siguiente caso, identifica los elementos del servicio, pero de tu área de trabajo (12 minutos)

SISTEMA

CLIENTE INTERNO

CLIENTE EXTERNO

PROVEEDOR

RETROINFORMACIÓN

FUNCIÓN

Son las labores, responsabilidades o atribuciones que se deben de desempeñar en el área, de acuerdo al Reglamento Interno de Trabajo.

SERVICIOS

Es el resultado que genera el área para satisfacer las necesidades específicas de sus clientes y que esta dentro de sus funciones.

Ejemplos:

- Expedición de pasaportes por medio de la SER
- Recepción de la declaración anual del ISR de la SHCP
- Emisión de placas por parte de la delegación correspondiente
- Venta de una póliza del seguro de mi auto. Etc.

Al definir los servicios se debe de preguntar si a través de ellos estoy cumpliendo con la misión, visión y valores de la compañía o instituto.

Puede haber mas de un servicio por función y a la inversa, y la inversa puede ser que varias funciones se traduzcan en solamente en un servicio.

Cuando un servicio sea un acto de autoridad como "autorización de dictámenes" la definición como servicio queda igual como "autorización de dictámenes"

Cuando el servicio sea muy amplio o genérico, tratar de desglosarlo y así obtendremos un mejor control sobre los estándares de calidad específicos.

Un servicio pueden ser un conjunto de actividades que satisfacen las necesidades de un cliente, pero una actividad no necesariamente es un servicio, en este sentido, tratar de describir los servicios desde el punto de vista del cliente, no describe actividades. La diferencia entre actividad y servicio es que una sola actividad no la usa ni le sirve al cliente, sino el conjunto de actividades que completan el servicio.

Ejemplos

- Recepción de "x" papelería
- Emitir acuse de recibos
- Módulos de atención

En este caso, el servicio sería:

- Recibir papelería "x" a través de módulos de atención al cliente

PROVEEDORES

Todas aquella personas o instituciones que nos proporcionan uno o mas insumos que son transformados en parte de nuestro servicio:

Ejemplos

- Servicio: Módulos de información
- Proveedor: todas las unidades internas que prestan servicios al ciudadano

- Servicio: Autorización de trámites
- Proveedor: Departamento Jurídico

- Servicio: Emisión de pólizas
- Proveedor: Agente de seguros

CLIENTES

Es toda persona o institución que es impactada por los resultados de nuestro servicio.

Ejemplos

- El servicio que le brinda una oficina de gobierno a un ciudadano (pasaportes, licencias, servicios de salud, actas de nacimiento, recepción de pago de impuestos, atención de quejas, etc.,)
- El servicio que brinda un área adjetiva a una sustantiva
- El servicio de un área sustantiva a otra área sustantiva
- El servicio de una coordinadora del sector a una entidad o de una dependencia a otra dependencia

El cliente es el que solicita, recibe o se beneficia del servicio brindado, es todo aquel que tenga una necesidad en nuestro campo de competencia. Cuando los servicios van dirigidos a otras dependencias, especificar quines son los que impactan directamente con nuestros servicios.

Ejemplo

- Las DGPOP´s de todas las dependencias, especificar quiénes son los que se impactan directamente con nuestros servicios.
- Las direcciones de recursos materiales de las secretarías de APF
- Las gerencias de abastecimientos en las entidades paraestatales.

Como prestadores de un servicio se puede tener como clientes a dependencias, instituciones o personas con diferentes intereses, los servicios pueden contar con más de un solo tipo de cliente, como es el caso de la educación primaria en donde podemos identificar como clientes al alumno, los padres de familia, las secundarias y la misma sociedad.

Señalar si nuestros clientes son internos (de la misma dependencia); ej. Las oficinas mayores en donde parte de sus clientes son las otras áreas de la misma dependencia.

Señalar cuando el cliente sea ciudadanía o comunidad.

VALOR PARA EL CLIENTE

Es el beneficio que reciben los clientes por el servicio proporcionado desde su perspectiva.

Ejemplos:

- Módulos de información
Ahorro de tiempo
Facilidad en el trámite
Obtención de información completa en un solo lugar
- Compras
Abastecimiento oportuno
Surtido de calidad
Insumos garantizados para la prestación del servicio
- Proporcionar los servicios de apoyo administrativo en materia de conservación y mantenimiento de bienes muebles e inmuebles
Apoyo para el logro de un ambiente grato de trabajo
Garantizar la conservación de bienes para la realización de las actividades sustantivas.

El valor para el cliente, además de los beneficios que recibe, lo comprende también la percepción que tiene al recibir el servicio, si el cliente lo ve como una obligación.

Ejemplo. La recepción sobre el impuesto anual sobre el impuesto sobre la renta ante la Secretaria de Hacienda, el valor agregado para el cliente (además de dar cumplimiento a una obligación) sería el poder de analizar la misma en una sola ventanilla, con trámites sencillos y empleados mas

capacitados. El 80% de la percepción que el cliente tiene del servicio depende del factor humano y el resto es del equipo y sistemas.

ATRIBUTOS

Son las características del servicio que son mas relevantes para los clientes.

- Se pueden definir a través de 2 eventos
 1. reuniones con las áreas operativas
 2. entrevistas con los clientes
- Lo ideal es que el cliente los proponga
- Los puestos operativos responsables los definan
- Los proveedores internos y externos los aseguren
- El definir atributos permite identificar puntos sobre los que debe ejercerse el control de la medición

Ejemplos

- **Rapidez**
- **Confiabilidad**
- **Puntualidad**
- **Facilidad**
- **Sencillez**

Nota: se recomiendan de 2 a 3 atributos por cada servicio; 3 es un buen numero

ESTÁNDARES

Es el **valor de los atributos** de cada servicio que genera una responsabilidad para el proveedor de servicios y una referencia al cliente para demandar su cumplimiento. El valor puede ser de tiempo, numérico o de caracterización. Los atributos de caracterización definen la manera en que se debe de prestar el servicio.

ATRIBUTO	ESTANDAR
RAPIDEZ	3 DIAS para resolución de trámite (tiempo)
CONFIABILIDAD	CERO errores en elaboración de trámites (numérico)
PUNTUALIDAD	Cumplir en la FECHA y HORA acordadas (caracterización)
FACILIDAD	CERO clientes acuden personalmente a hacer un trámite (numérico) o todos los trámites son vía telefónica (caracterización)
SENCILLEZ	UN solo formato o Solamente DOS documentos por trámite (numérico)

Nota: se recomienda de 2 a 5 estándares por atributo

INDICADORES DE DESEMPEÑO

Es la medida de cumplimiento del un estándar en un periodo; proporcionan información sobre la efectividad de la dependencia

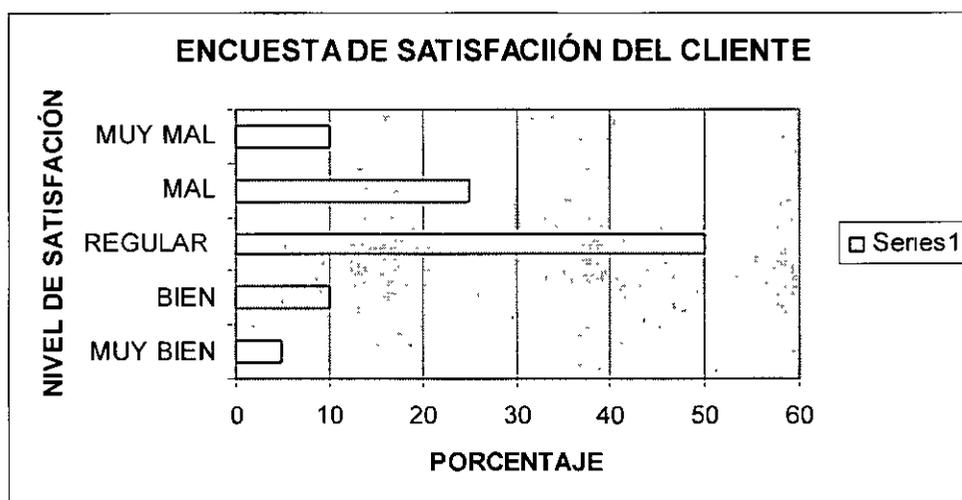
Ejemplos

- Nivel de cumplimiento del estándar; un caso sería cuando el 80% de los trámites se resuelven en un lapso de 3 días.
- 50% de los trámites no contiene errores
- 70% de los trámites o servicios se resuelven en tiempo
- 90% de los clientes no acuden a las oficinas
- 100% de los trámites se realizan en un solo formato y con sólo dos documentos como requisitos .

INDICADOR DE SATISFACCIÓN

Es la medida que determina el nivel de satisfacción percibida por los clientes inmediatos respecto al servicio que recibe toda la dependencia.

- Ejemplo



En este ejemplo el 85% de los clientes opina que el servicio es de regular a muy malo, por lo que hay una gran oportunidad de mejorar el servicio. Es casi imposible entrevistar a todos los clientes por lo que una muestra aleatoria es recomendable

REDUCIR REQUISITOS DE MEJORA

Son las acciones que se comprometen realizar la empresa o institución para mejorar el desempeño de la misma y la satisfacción de sus clientes.

Ejemplos

- Reducir requisitos en trámites
- Eliminar trámites
- Reacondicionar el área de atención al público
- Establecer comunicación vía electrónica
- Reducir tiempo de respuesta del cliente

METAS

Es el valor numérico que establece lo que se quiere lograr en un periodo determinado de tiempo, de acuerdo a cada acción de mejora y esta relacionado con los estándares de servicio.

Ejemplo

ACCIÓN DE MEJORA	META
Reducir requisitos para el trámite	De 5 documentos a 1 documento al mes
Reducir el tiempo de respuesta del cliente	De 3 días a 15 minutos para el mes de diciembre 2006

La evaluación se realiza sobre los 1000 puntos, los cuales los obtiene la dependencia que cumpla al 100% con todos los rubros del formato de evaluación

La ponderación de cada uno de los rubros es la siguiente:

PARAMETROS DE VALUACIÓN		
CONCEPTO	VALOR EN PUNTOS	CRITERIO
1. SERVICIOS	100	Plenamente identificados
2. PROVEEDORES	50	Plenamente identificados en cada servicio
3. CLIENTES	100	Plenamente identificados en cada servicio
4. VALOR PARA EL CLIENTE	75	Beneficios que el cliente recibe
5. ATRIBUTOS	75	Características definidas en cada servicio
6. ESTÁNDARES	150	Establecidos y en operación
7. INDICADORES DE DESEMPEÑO	150	En operación
8. INDICADOR DE SATISFACCIÓN	150	Establecido y en operación
9. ACCIONES DE MEJORA	75	Definidas
10. METAS	75	Establecidas
TOTAL	1000	

Nota: El criterio puede ser cualquiera que nosotros creamos pertinente.

Ejercicio. Con base en el reglamento interno de trabajo de la dependencia, de normatividad o de cualquier otra disposición; que nos servirá como marco de acción, identificar a los clientes, el beneficio que reciben, los atributos del servicio, los estándares a cumplir y los indicadores de desempeño y satisfacción. Todo ello deberá derivar en la mejora continua mediante de los servicios mediante acciones concretas y metas numéricas. (25 minutos)

El capítulo anterior sirve de claro ejemplo para mostrar como puede ser el comportamiento de los estándares de servicio y sus indicadores pero que hay de los indicadores dentro de la industria manufacturera, ¿Cómo podemos medir el desempeño? ¿qué son las especificaciones de nuestro cliente? ¿como sabremos si es corta la brecha entre lo que el cliente espera y lo que el cliente recibe?

Antes que nada, debemos de cumplir con las especificaciones del cliente, el propósito de las especificaciones internas es el de caracterizar la operación de los productos y procesos, asegurando un nivel mínimo de desempeño.

La especificación interna es determinada por el propio fabricante y puede ser usada como muestra de que su producto sobrepasa o mejora los valores indicados en las especificaciones comerciales. Sirve, además, como indicador de la calidad y de la estabilidad del producto.

La especificación interna es la tolerancia dentro de la cual el producto funcionará sin problemas.

Un método práctico para determinar la especificación interna es el siguiente:

Determinar las características a especificar de acuerdo con la naturaleza del producto, considerando las características más importantes de calidad (AMEM)

Ejemplo: Para un hule-empaque de motor eléctrico se tienen las siguientes características de calidad:

- Dimensiones
- Elongación
- Porosidad
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia al calor
- Resistencia al aceite
- Esfuerzo de tensión

Obtener una serie de mediciones de las características de calidad escogidas previamente. Generalmente, se hace el mayor número de mediciones posibles, en diferentes unidades y en diferentes lotes,

recomendándose 200 mediciones como mínimo. Estas mediciones deben hacerse en un ambiente controlado de laboratorio ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ y 30 a 60% de humedad relativa)

Calcular media y desviación estándar.

Obtener el histograma o gráfica de las mediciones para las mismas muestras, pero medidas bajo condiciones extremas de operación. Esto se logra sometiendo las muestras a la condiciones extremas de funcionamiento, tomando igual número de mediciones con el mismo equipo y operador.

Obtener las medias de las dos series de mediciones X y Y subíndice y calcular el cambio por condiciones extremas X subíndice $-X = A$.

Obtener la incertidumbre de las mediciones hechas anteriormente con el equipo de medición. Obtener la especificación (Exactitud $\pm e_n$) del equipo involucrado en las mediciones ($n =$ cantidad de equipos involucrados en la medición) y estimar la incertidumbre de estos equipos como $\pm 1/2 e$.

Utilizar la Ley de propagación de errores y obtener la incertidumbre de la medición producida por los equipos:

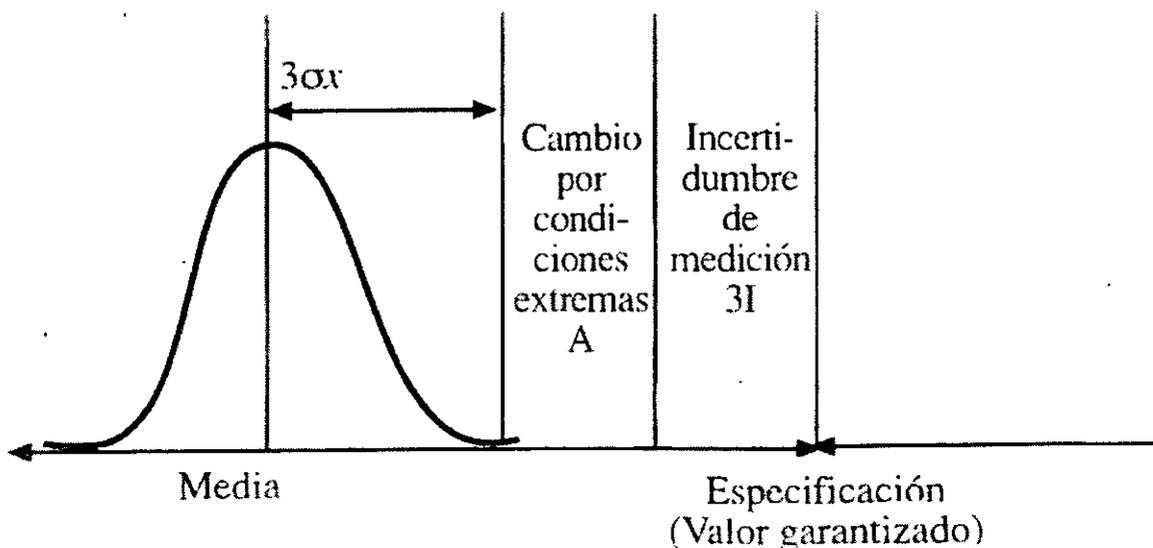
$$I = \text{SQR} [(1/2 e_1)^2 + (1/2 e_2)^2 + \dots + (1/2 e_n)^2]$$

Determinar la especificación interna de acuerdo con lo siguiente:

$$\text{ESPEC} = X \pm [\text{ABS } X1 - X) + 3I + 3\sigma]$$

Al multiplicar la incertidumbre por 3, aplicamos un factor de cobertura.

Gráficamente el análisis puede mostrarse como:



Ejemplo: Una trefiladota de alambón de aluminio redondo es controlada mediante la medición del diámetro de salida. La administración desea saber cuál es el valor garantizado en diámetro que puede proveer a sus clientes.

Se efectuaron 200 mediciones sobre muestras de 20 diferentes lotes de producción en ambiente controlado (23:1:1, 45% H.R.), dejando que las muestras y los equipos se ambientaran por 24 hr.

Los resultados fueron los siguientes:

$$\mu_1 = 5 \text{ mm} \quad \sigma = 0.037 \text{ mm}$$

Se efectuaron 200 mediciones sobre las mismas muestras, pero en condiciones extremas (35°C, 60% H.R.) encontrando:

$$\mu_2 = 5.004 \text{ mm} \quad \sigma = 0.035 \text{ mm}$$

El cambio por condiciones extremas es de:

$$\text{ABS} (\mu_1 - \mu_2) = 0.004 \text{ mm}$$

La incertidumbre de las mediciones anteriores, tomando en cuenta el equipo (exactitud) fue:

$$\text{Exactitud del equipo} = \pm 0.0052 \text{ mm}$$

$$\text{Incertidumbre de medición I} = \pm 0.0026 \text{ mm}$$

Determinando la especificación interna o valor garantizado resulta:

$$\text{V.G.} = \mu_1 + [\text{ABS} (\mu_1 - \mu_2) + 3I + 3]$$

$$\text{V.G.} = 5 \pm 0.122 \text{ mm}$$

Conclusión: En esta empresa se tiene un valor normalizado máximo a cumplir requerido por sus clientes de $5 \pm 0.25 \text{ mm}$, por lo que la dirección de la empresa está segura de cumplir con el requerimiento de los clientes y aún más; garantiza un valor entre $5 \pm 0.122 \text{ mm}$. Actualmente esta empresa trabaja para controlar automáticamente esta variable, ya que, según el AMEM desarrollado, el diámetro es una característica de alto impacto en sus clientes y principalmente en sus costos de fabricación.

KPI`s

Los KPI`s o Key Performance Indicators o indicadores claves de desempeño deben ser la clave de identificación de procesos dentro de una empresa, si bien es cierto que dentro de un proceso hay miles de números que se pueden interpretar, es cierto también que estos deben de mostrar cuales son los puntos clave o estratégicos dentro de la compañía. Si bien hay KPI`s que pueden ser mas estratégicos o que muestran datos de mayor valía, (como pueden ser los estados financieros, el valor de las acciones o el incremento en ventas) podemos tener otros que nos muestren cual es el nivel de desempeño del área como pueden ser el numero de piezas elaboradas por línea de producción, el numero de quejas que recibe call center, el numero de autos reparados en un periodo de tiempo etc.

Es importante que estos KPI`s estén alineados con las estrategias de la compañía, pueden ser un buen indicador de "cómo vamos" hasta este momento. Algunos autores le llaman la "zanahoria a comer" y fija nuestras metas y las estrategias las definiremos para llegar a ellas.

No hay un estándar definido de KPI`s aunque algunos autores manejan 3 o 4 indicadores clave, aunque esto no signifique que utilizaremos estos para toda la organización.

Por ejemplo, si un KPI`s es "incrementar la satisfacción del cliente" debemos de involucrar a las áreas correspondientes para lograr este objetivo. Como pueden ser ventas o postventa, diseño, envío, etc.

Un ejemplo para determinar los KPI`s son los siguientes:

$$\text{Pedidos Entregados a Tiempo} = \frac{\text{Pedidos entregados o recibidos en la fecha pactada}}{\text{Total de pedidos solicitados}}$$

$$\text{Pedidos Entregados Completos (Cajas)} = \frac{\text{Número de cajas entregados o recibidas del proveedor}}{\text{Número total cajas solicitadas}}$$

$$\text{Días de Inventario (Producto Terminado)} = \frac{\text{Costo promedio del inventario (en el período de medición) x Nro. Días (365)}}{\text{Costo neto de la mercancía vendida en el período de medición}}$$

$$\text{Costos Logísticos} = \frac{\text{US\$ Costo Logístico o Costos de Distribución}}{\text{US\$ Ventas Brutas del Periodo}}$$

$$\text{Distribución de los Costos Logísticos} = \% \text{ de los Costos Logísticos correspondientes a: Operaciones y Transporte}$$

GRAFICAS DE CONTROL

Las gráficas de control son también llamadas Gráficas para el Control Estadístico de la Calidad, son diferentes hojas de control que son usados dependiendo de los diferentes tipos de datos a analizar. Estos gráficos se dividen principalmente en base a dos diferentes tipos:

- Gráficos de control por variables
- Gráficos de control por atributos

Los gráficos de control por variables se emplean cuando la característica de calidad inspeccionada es medible cuantitativamente. También se le denomina gráfico de control para variables continuas.

Los que trataremos en este curso son:

- Gráficos de control de medias o promedios (\bar{x}) y rangos (r)
- Gráficos de control para promedios (\bar{x}) y desv. Estándar (s)
- Gráficos de control de lecturas individuales y rangos móviles.

Las gráficas de control por atributos se emplean cuando la inspección consiste en apreciar la presencia o ausencia de determinado atributo, tal como uno o mas defectos apreciables visualmente o una prueba comparativa mediante un patrón.

Los mas conocidos son:

- Gráficos de control de porcentaje o fracción defectuosa (p)
- Gráficos de control de número de unidades defectuosas (np)
- Gráficos de control de defectos por muestra (C)
- Gráficos de control por defectos por unidad (U)
-

FACTOR	GRAFICO DE CONTROL POR VARIABLES	GRAFICO DE CONTROL POR ATRIBUTOS	
	$\bar{X} - R, \bar{X} - S$	p o np	C o U
Naturaleza del dato	Valores cuantitativos de la característica inspeccionada	Numero de unidades defectuosas o fracción	Defectos por unidades
Ventajas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Provee una máxima utilización del dato 2. Provee Información detallada de la media y la variación de la característica individual. 3. El tamaño de muestra es pequeño 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Datos disponibles en los registros de inspección. 2. Fácil comprensión por el personal 3. Prevé un enfoque general de la calidad 4. Bajo costo 	Iguals ventajas a los de p o np
Desventajas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprensible por el personal solo después de ser adiestrados. 2. Un gráfico de control por cada característica a Inspeccionar 3. No debe de utilizarse con datos atributivos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No prevé información detallada de las características individuales 2. No reconoce diferentes graduaciones del defecto en las unidades de tamaño de muestra grande. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No provee información detallada de las características individuales. 2. Tamaño de muestra grande.

1. Gráficas de control de fracción defectuosa (P).

Estos tipos de gráficos son los mas utilizados para el control de los atributos. La fracción o proporción no conforme -p- (fracción de disconforme) tiene la fórmula:

$$\bar{P} = np/n$$

Donde:

\bar{P} = fracción de disconformes o no conformes
 np = cantidad de artículos no conformes en la muestra
 n = tamaño de la muestra o subgrupo

Aplicaciones

- Determinar cual es el valor promedio de la calidad
- Llamar la atención de la administración cuando se obtengan valores alejados del promedio.

- Mejorar la calidad del producto, ya que la gráfica indicara si las ideas dadas para mejorar la calidad han funcionado.
- Evaluar el desempeño del personal en cuanto a la calidad, tanto operativo como administrativo.

Procedimiento

1. Seleccionar la (s) característica de calidad.

Primero hay que definir cuales son las características de de calidad importantes a controlar y si se usara una gráfica para varios atributos o una para cada característica.

2. Definir el tamaño del subgrupo.

Esto dependerá de la proporción que se tenga de inconformidad, por ejemplo, si se sabe que un proceso tiene $p=0.001$ y el tamaño de subgrupo se elige de 100, entonces en muchos casos se obtendrá 1 o 0 disconformes de la muestra, lo cual, no representara al lote.

Si no se tiene idea de p , para saber la fracción aproximada de disconformes, será necesario hacer unas pruebas previas tomando por lo menos, una muestra de 50 artículos.

3. Colectar los datos.

Se deberán colectar datos por lo menos para 25 subgrupos antes de iniciar con la gráfica. Esto puede hacerse también con datos que ya se tenían anteriormente en bitácoras y registros.

4. Calcular los límites de control y la línea central.

Las fórmulas son la siguientes:

$$LSC \equiv \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LIC \equiv \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

\bar{P} = Proporción promedio de inconformidad en muchos subgrupos.

n = Cantidad inspeccionada en un subgrupo

Una vez calculada la línea central y los límites de control, se comienza a graficar por lo menos 25 subgrupos.

La gráfica servirá para saber si el proceso es estable.

5. Calcular la línea central y los límites de control corregidos. Se deberá observar en la gráfica cuales fueron los puntos fuera de los límites de control corregir las causas y después eliminarlos. Después de determina la línea central corregida como:

$$\bar{p} \text{ nuevo} = \frac{\sum np - npd}{\sum n - nd} = \bar{p}_0$$

En donde

npd = inconformidades en los grupos descartados

nd = cantidad de inspecciones en los grupos descartados

\bar{p}_0 = valor patrón o de referencia se la proporción de no conformidad.

6. Lograr el objetivo. El objetivo es reducir la variabilidad del proceso, lo cual se logrará planteando y llevando a cabo acciones correctivas para los puntos que se encuentran fuera de control.

La gráfica no nos dirá la causa de la variación, por lo que se debe de reunir el personal experto en el proceso y probar solo un cambio a la vez, hasta lograr puntos dentro de los límites de control y mas cercanos a \bar{p}_0 .

Después de un tiempo de lograr mejora y con al menos 25 datos, se calcula de nuevo la línea central y los límites, los cuales serán mas estrechos que los anteriores ya que la variabilidad se ha reducido.

Ejemplo

En la inspección final de un producto se decide emplear el gráfico de fracción defectuosa con el fin de disminuir el porcentaje defectuoso promedio de la producción. Para ello se inspeccionaron las características causantes de los defectos críticos tomándose como muestras 300 unidades cada una en forma sistemática de la producción diaria con los siguientes resultados:

1. Gráficas de control de fracción defectuosa (P).

Estos tipos de gráficos son los mas utilizados para el control de los atributos. La fracción o proporción no conforme $-p-$ (fracción de disconforme) tiene la fórmula:

$$\bar{P} = np/n$$

Donde:

\bar{P} = fracción de disconformes o no conformes

np = cantidad de artículos no conformes en la muestra

n = tamaño de la muestra o subgrupo

Aplicaciones

- Determinar cual es el valor promedio de la calidad
- Llamar la atención de la administración cuando se obtengan valores alejados del promedio.
- Mejorar la calidad del producto, ya que la gráfica indicara si las ideas dadas para mejorar la calidad han funcionado.

- Evaluar el desempeño del personal en cuanto a la calidad, tanto operativo como administrativo.

Procedimiento

1. Seleccionar la (s) característica de calidad.

Primero hay que definir cuales son las características de de calidad importantes a controlar y si se usara una gráfica para varios atributos o una para cada característica.

2. Definir el tamaño del subgrupo.

Esto dependerá de la proporción que se tenga de inconformidad, por ejemplo, si se sabe que un proceso tiene $p=0.001$ y el tamaño de subgrupo se elige de 100, entonces en muchos casos se obtendrá 1 o 0 disconformes de la muestra, lo cual, no representara al lote.

Si no se tiene idea de p , para saber la fracción aproximada de disconformes, será necesario hacer unas pruebas previas tomando por lo menos, una muestra de 50 artículos.

3. Colectar los datos.

Se deberán colectar datos por lo menos para 25 subgrupos antes de iniciar con la gráfica. Esto puede hacerse también con datos que ya se tenían anteriormente en bitácoras y registros.

7. Calcular los límites de control y la línea central.

Las fórmulas son la siguientes:

$$LSC \equiv \bar{p} + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

$$LIC \equiv \bar{p} - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

\bar{p} = Proporción promedio de inconformidad en muchos subgrupos.

n = Cantidad inspeccionada en un subgrupo

Una vez calculada la línea central y los límites de control, se comienza a graficar por lo menos 25 subgrupos.

La gráfica servirá para saber si el proceso es estable.

8. Calcular la línea central y los límites de control corregidos. Se deberá observar en la gráfica cuales fueron los puntos fuera de los límites de control corregir las causas y después eliminarlos. Después de determina la línea central corregida como:

$$\bar{p} \text{ nuevo} = \frac{\sum np - npd}{\sum n - nd} = \bar{p}_o$$

En donde

npd = inconformidades en los grupos descartados

nd = cantidad de inspecciones en los grupos descartados

\overline{po} = valor patrón o de referencia se la proporción de no conformidad.

9. Lograr el objetivo. El objetivo es reducir la variabilidad del proceso, lo cual se logrará planteando y llevando a cabo acciones correctivas para los puntos que se encuentran fuera de control.

La gráfica no nos dirá la causa de la variación, por lo que se debe de reunir el personal experto en el proceso y probar solo un cambio a la vez, hasta lograr puntos dentro de los límites de control y mas cercanos a po .

Después de un tiempo de lograr mejora y con al menos 25 datos, se calcula de nuevo la línea central y los límites, los cuales serán mas estrechos que los anteriores ya que la variabilidad se ha reducido.

Ejemplo

En la inspección final de un producto se decide emplear el gráfico de fracción defectuosa con el fin de disminuir el porcentaje defectuoso promedio de la producción. Para ello se inspeccionaron las características causantes de los defectos críticos tomándose como muestras 300 unidades cada una en forma sistemática de la producción diaria con los siguientes resultados:

c	TAMAÑO DE MUESTRA n	NO CONFORMES	PROPORCIÓN NO CONFORME p
1	300	2	0.007
2	300	3	0.010
3	300	1	0.003
4	300	6	0.020
5	300	5	0.017
6	300	2	0.007
7	300	16	0.053
8	300	6	0.020
9	300	7	0.023
10	300	5	0.017
11	300	1	0.003
12	300	3	0.010
13	300	9	0.030
14	300	10	0.033
15	300	2	0.007
16	300	11	0.037
17	300	8	0.027
18	300	1	0.003
19	300	6	0.020
20	300	6	0.020

21	300	1	0.003
22	300	3	0.010
23	300	9	0.030
24	300	3	0.010
25	300	12	0.040
TOTAL	7500	138	

Calculo de la línea central y los límites de control

$$\bar{p} = \sum np / \sum n$$

$$\bar{p} = 138 / 7500 = 0.018$$

$$LSC \equiv \bar{p} + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \equiv 0.018 + 3\sqrt{\frac{0.018(1-0.018)}{300}} = 0.041$$

$$LIC \equiv \bar{p} - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \equiv 0.018 - 3\sqrt{\frac{0.018(1-0.018)}{300}} = -0.005$$

En este caso nos dio un límite de control negativo aunque en la realidad no se pueden tener proporciones de no conformes negativos, por lo que se considera cero.

Se procede a trazar la gráfica.

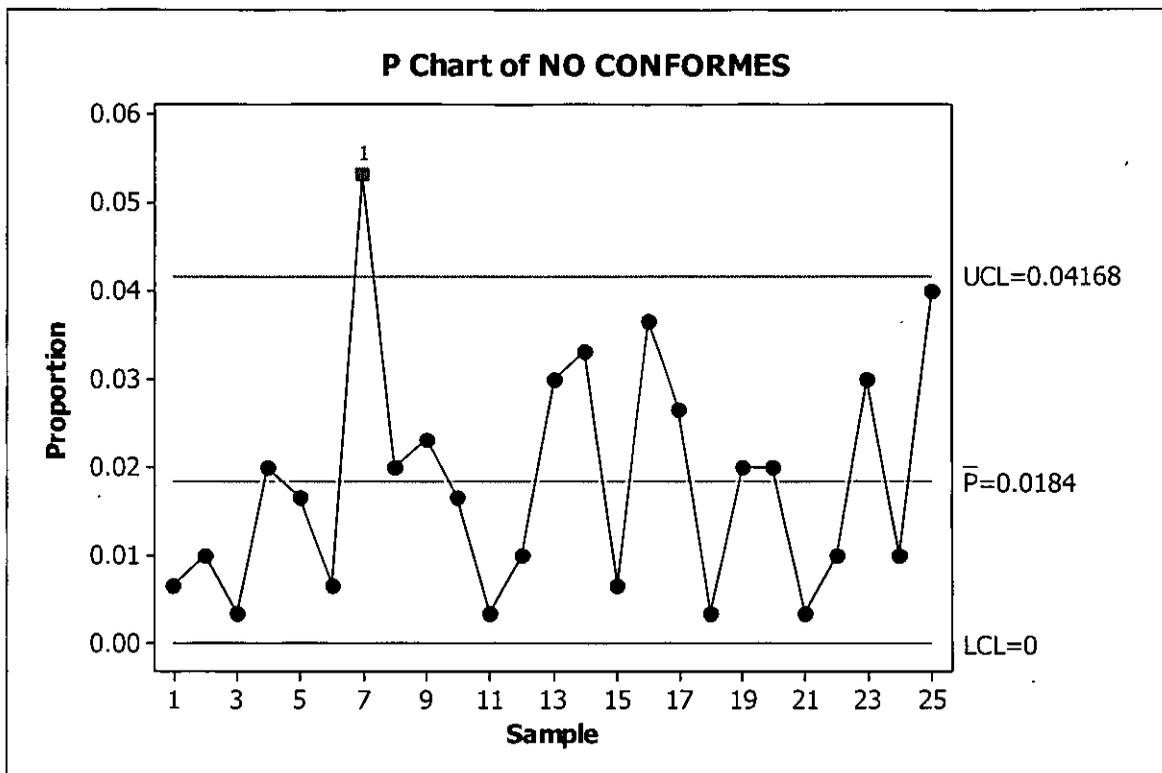
Se calcula la línea central y los límites corregidos

Se puede observar que el subgrupo 7 está fuera de los límites de control, por lo que se buscarían las causas que lo produjeron, corrigiendo la situación. Después de esto se eliminaría el subgrupo 7 y se calcularían los límites de control y la línea central corregida.

$$\bar{p}_{\text{nuevo}} = \frac{\sum np - npd}{\sum n - nd} = (138 - 16) / (7500 - 300) = 0.017$$

$$LSC \equiv \bar{p}_o + 3\sqrt{\frac{p_o(1-p_o)}{n}} \equiv 0.017 + 3\sqrt{\frac{0.017(1-0.017)}{300}} = 0.039$$

$$LIC \equiv \bar{p}_o - 3\sqrt{\frac{p_o(1-p_o)}{n}} \equiv 0.017 - 3\sqrt{\frac{0.017(1-0.017)}{300}} = -0.005$$

Gráfica 1. Gráfica de control p

1. GRÁFICA DE CONTROL DE NUMEROS DEFECTUOSOS $-np-$

Procedimiento.

1. Colectar los datos.

Se deberán coleccionar datos por lo menos para 25 subgrupos antes de iniciar con la gráfica. Esto puede hacerse también con datos que ya se tenían anteriormente en bitácoras o registros.

2. Calcular los límites de control y la línea central.

Las fórmulas son las siguientes:

$$LSC \equiv \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

$$LIC \equiv \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

Donde:

$$\bar{np} = \frac{\text{total de no conformes}}{\text{total_de_subgrupos}} = \frac{\sum NC}{k}$$

Y

$$\bar{p} = \frac{\text{total de no conformes}}{\text{total_de_la_muestra_por_subgrupos}} = \frac{\sum NC}{n}$$

Una vez calculada la línea central y los límites de control, se comienzan a graficar por lo menos 25 subgrupos.

La gráfica servirá para determinar la estabilidad o no del proceso.

Ejemplo: Una empresa de telefonía celular lleva el control de los faxes enviados, y desea conocer cuantos de ellos llegan con fallas cada día. Se tomaron 20 días de referencia y cada día se enviaron 25 faxes. Realizar el gráfico de numero de faxes defectuosos (np) con estos datos.

Día	Tamaño de muestra n	Fax con fallas, No conformes np	Proporción no conforme
1	25	6	0.24
2	25	10	0.40
3	25	3	0.12
4	25	2	0.08
5	25	9	0.36
6	25	7	0.28
7	25	5	0.20
8	25	9	0.36
9	25	7	0.28
10	25	3	0.12
11	25	6	0.24
12	25	1	0.04
13	25	3	0.12
14	25	5	0.20
15	25	3	0.12
16	25	2	0.08
17	25	4	0.16
18	25	7	0.28
19	25	5	0.20
20	25	2	0.08
TOTAL	500	99	

Calculo de la línea central y los límites de control

$$\bar{P} = \frac{\sum np}{\sum n}$$

$$\bar{p} = 99/500 = 0.198$$

$$\bar{np} = 99/20 = 4.95 = 5$$

$$LSC \equiv \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 5 + 3\sqrt{5(1-0.198)} = 11.007$$

$$LIC \equiv \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 5 - 3\sqrt{5(1-0.198)} = 1.007$$

Se procede a trazar la gráfica

3. GRÁFICAS C DE NUMEROS DE DEFECTOS POR ÁREA DE OPORTUNIDAD

El gráfico c esta destinado a registrar la cantidad de defectos detectada en una muestra determinada de productos.

La gráfica hace uso del hecho de que un producto o servicio es aceptable aunque presente cierto número de defectos. Un automóvil, por ejemplo, funcione aunque tenga una manija rota o no su reloj este descompuesto.

Algunos objetivos de esta gráfica son:

- Reducir el costo de tener que repetir trabajos
- Informar a los supervisores y a la administración acerca del nivel de calidad
- Determinar que tipo de defectos no son permisibles en un producto o servicio e informar sobre la posibilidad de ocurrencia de defectos en un área o proceso de trabajo.

Los gráficos C y U se justifican cuando se analizan productos físicamente grandes y complicados, como refrigeradores, turbinas etc., que en general pueden presentar mas de un defecto en cada unidad de producto, siendo comúnmente fabricados con una baja razón de producción y arrojan al final no el número de artículos defectuosos, sino el número de defectos debidos al proceso productivo en cada uno de los artículos o muestras.

Las gráficas C deben de utilizarse solo cuando "el área de oportunidad de encontrar defectos" permanece constante. Esto es, las muestras deben de ser todas de la misma área o cantidad, la cual deberá fijarse de antemano.

Elaboración

El número de atributos en un área de oportunidad se denota con C , y el conjunto de valores sucesivos de C a través del tiempo se utiliza para construir la gráfica.

La línea central de la gráfica C es el promedio de los atributos observados y se calcula como:

$$\bar{C} = \frac{\text{numero total de sributos observados}}{\text{numero de áreas de oportunidad}}$$

Es decir:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{k}$$

Los límites de control de la gráfica C están dadas por:

$$LSC = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$$

$$LIC = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$$

Ejemplo 1

Los siguientes datos muestran los resultados obtenidos al realizar una auditoría de producto terminado en un proceso cuya salida es muy sofisticada.

Lote	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	17	16	16	17	17	18	24	19	19	18

Lote	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
C	14	15	15	16	20	16	14	16	15	19

Elaborar la gráfica C para estos datos. ¿Exhibe el proceso una condición de estabilidad estadística?

Respuesta

El total de defectos para los 20 lotes inspeccionados es de 73, de donde la línea central de la gráfica está dada por el número medio de defectos por lote:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{k} = \frac{341}{20} = 17.05$$

Los límites de control son entonces:

$$LSC = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} = 17.05 + 3\sqrt{17.05} = 29.05$$

$$LIC = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} = 17.05 - 3\sqrt{17.05} = 4.66$$

Elaborar la gráfica de C

Si solamente están presentes causas comunes de variación, se puede esperar encontrar entre 4.66 y 29.44 defectos por lote.

La gráfica no muestra signos de que el proceso esté fuera de control, estando los puntos cerca de la zona central (un sigma) lo cual habla de la pequeña variabilidad del proceso. Sin embargo, cabe preguntarnos lo siguiente: ¿Es aceptable tener la cantidad media de defectos por unidad (17.05), para el producto elaborado, la toma de decisiones será entonces por parte de la Gerencia en cuanto le convenga tener o no esa cantidad media de defectos por unidad y utilizará técnicas como la de la habilidad del proceso para este fin.

Para asegurar la efectividad del uso futuro de la gráfica, el área de oportunidad deberá mantenerse constante, esto equivale a decir en el caso que nos ocupa que el tamaño de los lotes siempre sea el mismo.

Ejercicio 1

En una gráfica se producen motores de tamaño pequeño, se efectúa un control visual de número de defectos de ellos. Elaborar la gráfica C a partir de los datos de la tabla.

No. De lotes	No. De defectos por muestra
1	81
2	64
3	53
4	95
5	50
6	71
7	91
8	86
9	99
10	60

Ejercicio 2

En una gráfica de alambre aislado se verifican los puntos débiles de aislamiento en muestra. Elaborar la gráfica C para este problema

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Puntos débiles	6	7	7	8	9	9	11	1	10	9	9	8	9	9	11	10

Muestra	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Puntos débiles	5	5	5	6	6	3	3	5	7	7	6	6	9	8	8	6

4. GRÁFICAS U DE PORCENTAJES DE DEFECTOS POR ÁREA DE OPORTUNIDAD.

La gráfica U es una variación de la gráfica C . Si el área de oportunidad para la ocurrencia de defectos no permanece constante, la gráfica U debe de usarse en lugar de la gráfica C , donde cada punto graficado corresponde al valor de:

$$U_j = \frac{C_j}{n_j}$$

Siendo n_j el tamaño del área inspeccionada y C_j el numero de defectos encontrados en esas unidades.

Cuando n es constante, el usuario puede usar ya sea la gráfica U o la gráfica C , pero cuando n varía debe usarse la gráfica U .

La línea central de la U tiene como ecuación el promedio de defectos por unidad inspeccionada:

$$\bar{u} = \frac{\sum C_j}{\sum n_j}$$

donde C_j es el numero de unidades disconformes en cada área de oportunidad y n_j es el número de unidades muestreadas en esa área.

Los límites de control de la gráfica U están dados por:

$$LSC_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \qquad LIC_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde n se supone constante

Si el tamaño de n varía de muestra a muestra n_i no varía fuertemente, puede usarse en lugar de el promedio de los tamaños muestrales.

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k}$$

Una regla sugerida es que este enfoque puede usarse en tanto ningún tamaño individual de muestra que difiera por mas del 25%

La gráfica U puede ser usada bajo cada una de las siguientes suposiciones:

- Como subtítulo de la gráfica C cuando el tamaño muestral (constante) contiene mas de una unidad de inspección y se desea graficar el número de defectos por unidad de inspección.
- Cuando el tamaño muestral varía, de modo que la gráfica C no puede usarse
- Cuando se usen límites variables usando tamaño de muestras individuales.
- Cuando los límites constantes usando el promedio de tamaño muestral y los tamaños no difieren grandemente.

Ejemplo 1

La tabla adjunta muestra los resultados de la inspección de 20 lotes de tres tamaños diferentes: 20, 25 y 40. Elaborar la gráfica U para cada estos datos:

LOTE	n	C	U	LOTE	n	C	U
1	20	72	3.6	11	25	47	1.88
2	20	38	1.9	12	25	55	2.2
3	40	76	1.9	13	25	49	1.96
4	25	35	1.4	14	25	62	2.48
5	25	62	2.48	15	25	71	2.84
6	25	81	3.24	16	20	47	2.35
7	40	97	2.42	17	20	41	2.05
8	40	78	1.95	18	20	52	2.6
9	40	103	2.58	19	40	128	3.2
10	40	56	1.4	20	40	84	2.1

Total de $n = 1334$

Total de $C = 580$

La ecuación de la línea central es:

$$\bar{u} = \frac{\sum C_i}{\sum n_i} = \frac{1334}{508} = 2.30$$

Se calculan enseguida los límites de control para cada uno de los valores de n :

Para $n=20$

$$LSCu = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 + 3\sqrt{\frac{2.30}{20}} = 3.32$$

$$LICu = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 - 3\sqrt{\frac{2.30}{20}} = 1.28$$

Para $n=25$

$$LSCu = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 + 3\sqrt{\frac{2.30}{25}} = 3.21$$

$$LICu = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 - 3\sqrt{\frac{2.30}{25}} = 1.39$$

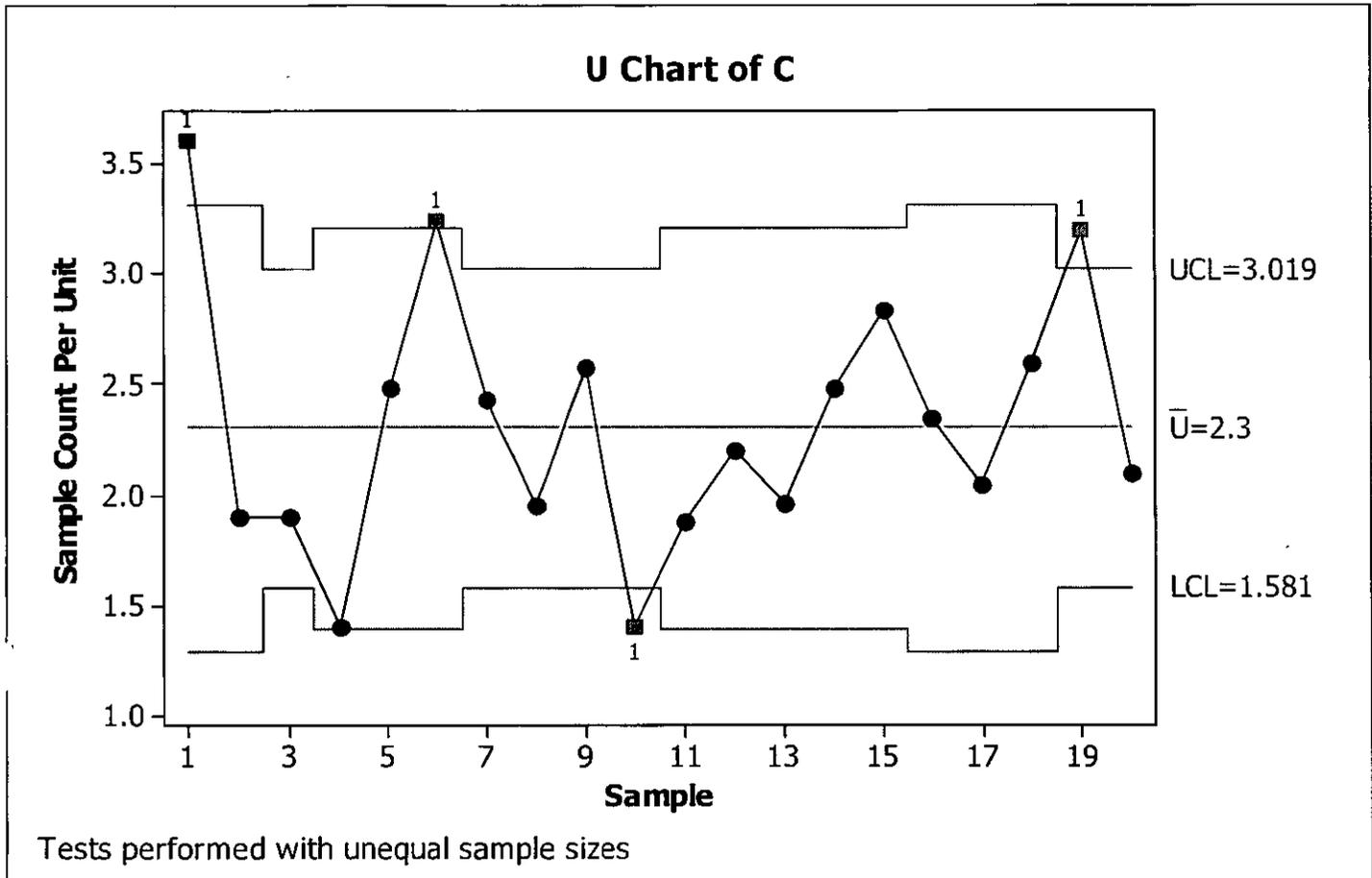
Para $n=40$

$$LSCu = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 + 3\sqrt{\frac{2.30}{40}} = 3.02$$

$$LICu = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} = 2.30 - 3\sqrt{\frac{2.30}{40}} = 1.58$$

Elaboramos la gráfica U

Los lotes 1,6,10 y 19 se encuentran fuera de sus límites de control respectivos, por lo que se tiene que efectuar un estudio acerca de que fue lo que perturbo el sistema



Ejercicio 1

En una fábrica se producen motores de tamaño pequeño, se efectúa un control visual de defectos de ellos. Elaborar la gráfica U a partir de los datos de la tabla.

No. De lotes	No. De defectos por unidad
1	3.21
2	2.56
3	2.12
4	3.80
5	2.00
6	2.92
7	3.64
8	3.44
9	3.96
10	2.40

Ejercicio 2

Después de una inspección durante meses consecutivos de las abrazaderas metálicas listas para envío, en el departamento de calidad certificada de la planta de productos metálicos, se estimó que la producción está bajo control. Elaborar la gráfica de control U

Tamaño de la muestra	Cantidad C	Porcentaje U
8	9	1.0
8	17	2.1
9	18	2.0
8	15	1.9
8	23	2.9
7	9	1.3
7	16	2.7
4	14	3.5
5	16	3.2
8	14	1.8
9	18	2.0
8	17	2.1
8	17	2.1
9	18	2.0
8	15	1.9
9	14	1.6
7	21	3.0
9	18	2.0
9	14	1.6
3	12	4.0
4	10	2.5
8	16	2.0
9	17	1.9
6	18	3.0
9	10	1.1

IV. GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLES

1. Gráficas de control de medias y rangos $(\bar{X} - \bar{R})$

Media aritmética o promedio: Es el resultado de sumar un conjunto de datos y de dividir esta suma entre el número de datos sumados.

$$\bar{X} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n$$

Donde:

\bar{X} = media aritmética o promedio

x = datos

n = número de datos

La gráfica de control de promedios se elabora del siguiente modo, lo haremos con un ejemplo.

Paso 1. Cálculo de las medias y los rangos de cada subgrupo

Subgrupo	A	B	C	D	Media	Rango
1	25.2	25.0	25.3	25.3	25.2	0.30
2	24.8	24.7	25.2	25.2	24.97	0.50
3	24.7	24.8	25.2	25.2	24.92	0.50
4	25.1	24.9	24.5	24.5	24.87	0.60
5	25.3	25.0	24.7	24.7	25.00	0.60

Paso 2. Cálculo de los promedios de los rangos y las medias

Rango = Valor mayor - Valor menor

Rango promedio = $\bar{R} = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n) / n$

$$\bar{R} = (0.30 + 0.50 + 0.50 + 0.60 + 0.60) / 5 = 0.50$$

$$\text{Media de las medias} = \bar{X} = (25.20 + 24.97 + 24.92 + 24.87 + 25.00) / 5 = 24.99$$

Paso 3. Cálculos de los límites de control para los promedios

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad LSC_{\bar{X}} = 24.99 + (0.73)(0.5) = 24.62$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \bar{R} \quad LIC_{\bar{X}} = 24.99 - (0.73)(0.5) = 24.62$$

A_2 Se obtiene de tablas según el número de observaciones:

Observaciones en cada grupo	Factor A_2
3	1.02
4	0.73
5	0.58
6	0.48
10	0.31
15	0.22

Como hay 4 observaciones en cada grupo, el factor $A_2 = 0.73$

Paso 4. Cálculo de los límites de control de los rangos

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

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

D_3 y D_4 Son constantes que dependen del tamaño de cada subgrupo

Tamaño de cada subgrupo	D ₃	D ₄
3	0	2.57
4	0	2.28
5	0	2.11
6	0	2.00
10	0.22	1.78
15	0.35	1.65

$$LSC_R = R = 2.28 (0.5) = 1.14$$

$$LIC_R = R = 0 (0.5) = 0$$

Paso 6. Trazar los límites de control y los valores medios

El propósito de a gráfica de control X y R es obtener información acerca del comportamiento da la variable que se analizar y obtener información para establecer o cambiar especificaciones y/o procedimientos.

El tamaño de la muestra que es óptimo, de acuerdo a la teoría es de 4 a 5 elementos por cada subgrupo.

La frecuencia que sea entre 30 minutos y 2 horas, aunque puede variar de acuerdo al tipo de proceso, complejidad de prueba y costo.

Ejercicio:

1. En una fabrica x lleva el control de producto que elabora diariamente elaborar un gráfico X-R con los siguientes datos que se han obtenido de varias muestras. Diga si el proceso se encuentra bajo control.

Subgrupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
días															
1	7.1	6.8	6.5	7.2	7.3	6.5	6.8	6.9	7.0	6.2	7.1	7.3	7.3	6.9	7.1
2	6.9	6.5	7.1	6.5	7.1	6.9	7.2	6.5	6.9	6.8	7.0	7.0	7.5	6.8	7.0
3	7.2	6.7	7.0	7.5	6.6	6.8	7.5	6.7	6.9	6.5	7.3	6.9	7.5	6.5	7.2

2. Se han obtenido valores de la empresa YY. De la viscosidad de un producto A. Elaborar la gráfica X-R y decir si el proceso esta bajo control o no.

Subgrupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	52.4	34.4	52.3	45.2	43.6	53.7	54.8	53.51	65.87	47.6	45.2
2	55.8	61.1	55.0	43.6	45.9	54.6	47.6	60.4	37.9	32.3	32.8
3	44.5	78.8	44.1	39.7	47.4	37.9	65.5	56.2	53.5	39.7	51.7
4	45.8	34.4	45.8	45.9	44.6	53.5	65.2	61.1	43.6	45.1	39.5
5	48.3	61.1	48.3	43.8	41.3	43.6	62.2	67.2	54.8	43.8	64.5

Subgrupo	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	86.5	63.2	72.6	58.9	65.6	49.5	53.7	48.7	48.7	44.7	58.2
2	34.1	53.5	51.9	47.8	46.5	53.2	35.0	80.7	25.4	39.7	45.5
3	46.3	60.4	60.1	41.3	51.7	81.9	57.3	69.6	58.9	39.3	63.1
4	76.6	56.2	43.6	61.8	70.1	52.1	57.5	49.4	80.4	67.0	55.7
5	55.0	61.1	59.5	64.7	43.6	78.2	54.3	50.3	64.9	557.5	53.3

3. A partir de los datos que se muestran procedentes de los valores de peso de un producto.

a. Obtener la gráfica de control X – R (medias y rangos)

Subgrupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	142	140	148	147	148	145	148	147	146	156	148	143	143	139	150
2	143	139	147	147	150	142	147	142	145	154	148	147	148	138	142
3	148	138	145	147	152	143	148	148	148	153	147	147	148	145	153
4	148	145	145	140	148	147	147	146	150	149	149	144	140	142	155
5	147	143	147	142	147	148	146	147	155	148	143	145	139	150	157

Subgrupo	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	146	150	150	151	154	145	145	146	145	145
2	145	150	150	152	152	142	143	148	145	148
3	147	149	148	153	150	142	143	144	145	148
4	148	150	151	154	155	143	144	145	144	147
5	149	152	150	155	145	144	144	145	143	140

2. GRÁFICOS DE CONTROL DE PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR ($\bar{X} - S$)

La gráfica de medias y desviaciones estándar es el instrumento estadístico que sirve para estudiar el comportamiento de un proceso de manufactura, considerando como indicador de la variabilidad la desviación estándar.

La estructura general, igual que la presenta la gráfica de medias y rangos, esta constituida por dos porciones: una que se destina al registro de los promedios de la característica de la calidad en consideración y otra para controlar la variabilidad del proceso.

La efectividad de esta gráfica está estrechamente relacionada con el tamaño de los subgrupos y valores apropiados son los de $n \geq 10$. La ventaja de usar esta gráfica, en relación a las de las medias y rangos, es que para estos valores de n la desviación estándar es mas sensible a los cambios pequeños que el rango, aunque la gerencia debe de comparar este beneficio en contra del costo de obtención y manejo de muestras significativamente grandes.

Elaboración de la gráfica ($\bar{X} - S$)

El procedimiento es similar al de las gráficas anteriores, incluye cálculos de líneas centrales y de límites de control para las dos partes que la constituyen y la graficación de los promedios y desviaciones estándar obtenidos de cada subgrupo.

Es importante verificar que la variabilidad del proceso sea estable al iniciar la construcción de la gráfica, pues si el proceso no muestra estabilidad estadística, entonces la parte correspondiente a los promedios no será confiable, dado que los límites de control de X dependen del valor medio de S .

Se requiere como calculo preliminar la estimación de la desviación estándar de cada muestra:

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum X)^2}{n-1}}$$

Donde n es el tamaño del subgrupo

La línea central de la gráfica S esta indicada por el promedio de las desviaciones estándar calculadas.

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k}$$

Las expresiones utilizadas para calcular los límites de control son los siguientes:

$$LSC_S = B_4 \bar{S}$$

$$LIC_S = B_3 \bar{S}$$

Tanto B_3 como B_4 dependen del valor de n , el tamaño del subgrupo y sus valores se muestran en la tabla de las constantes para gráficas de control que se encuentran en los anexos.

Si la gráfica de desviaciones estándar está en control, se procede a elaborar la gráfica de promedios, la línea central de la gráfica \bar{X} es el promedio de los promedio de grupo.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k}$$

Los límites de control se obtienen por las expresiones:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$$

Los valores de A_3 que dependen del valor de n se encuentran en la tabla de constantes para las gráficas de control.

Ejemplo:

La siguiente tabla proporciona las lecturas efectuadas del espesor (en milésimas de pulgadas) de la pintura de ciertas capas metálicas. Esta característica de calidad es crítica para el cliente, de modo que se ha decidido monitorear este proceso mediante una gráfica $(\bar{X} - S)$, en las dos últimas filas se dan los valores de los promedios y las desviaciones estándar.

MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
LECTURAS	1	2.08	2.14	2.30	2.10	2.06	2.14	2.07	2.08	2.13	2.13	2.34	2.25	2.03	2.08	2.04	1.92	2.12	1.98	2.08
	2	2.26	2.04	2.10	2.10	2.12	2.22	2.05	2.31	1.90	2.16	2.34	1.91	2.10	1.92	2.14	2.10	2.30	2.30	2.12
	3	2.13	2.14	2.20	2.15	1.98	2.18	1.97	2.12	2.12	2.12	2.40	1.96	2.24	2.14	2.18	2.13	2.01	2.31	2.11
	4	1.94	1.94	2.25	1.97	2.12	2.27	2.05	2.18	2.04	2.22	2.26	2.04	2.20	2.20	2.12	2.02	2.20	2.12	2.22
	5	2.30	2.30	2.05	2.25	2.20	2.17	2.16	2.15	2.40	2.12	2.13	1.93	2.25	2.02	2.00	1.93	2.11	2.08	2.00
	6	2.15	2.08	1.95	2.12	2.02	2.26	2.02	2.17	2.12	2.07	2.15	2.08	2.03	5.04	2.02	2.17	1.93	2.10	1.95
	7	2.07	1.94	2.10	2.10	2.19	2.15	2.02	1.98	2.15	2.04	2.08	2.29	2.01	1.94	2.05	2.24	2.02	2.15	2.15
	8	2.02	2.12	2.16	1.90	2.03	2.07	2.14	2.05	2.01	2.28	2.02	2.42	2.19	2.05	2.34	1.98	2.25	2.35	2.14
	9	2.22	2.15	2.37	2.04	2.02	2.02	2.07	2.00	2.30	2.12	2.05	2.10	2.13	2.12	2.12	2.34	2.05	2.12	2.28
	10	2.18	2.36	1.98	2.08	2.09	2.36	2.00	2.26	2.14	2.10	2.18	2.00	2.20	2.06	2.05	2.12	2.10	2.26	2.31
PROMEDIO		2.14	2.12	2.15	2.08	2.08	2.18	2.06	2.13	2.13	2.14	2.19	2.10	2.14	2.06	2.11	2.10	2.11	2.18	2.1
S		0.11	0.14	0.14	0.10	0.07	0.10	0.06	0.11	0.14	0.07	0.12	0.17	0.09	0.09	0.10	0.14	0.11	0.12	0.

La línea central de la gráfica de desviaciones estándar está dada por el promedio de las desviaciones estándar:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k} = \frac{2.19}{20} = 0.11$$

Los límites de control son los siguientes:

$$LSC_S = B_3 S$$

$$LIC_S = B_4 S$$

$$LSC_S = (0.284)(0.11) = 0.031$$

$$LIC_S = (1.716)(0.11) = 0.189$$

Como la gráfica de desviaciones estándar está en control, se procede a elaborar la gráfica de promedios. La línea central de la gráfica \bar{X} es el promedio de las muestras:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{x}_i}{k} = \frac{4243}{20} = 2.12$$

Los límites de control son entonces:

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} = 2.12 + (0.975)(0.11) = 2.227$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} = 2.12 - (0.975)(0.11) = 2.013$$

La gráfica de promedios exhibe un patrón aleatorio de puntos de modo que puede afirmarse que el proceso está bajo control, sin embargo, cabe pensar que el proceso es mejorable, en el sentido que la gerencia debe buscar los medios más adecuados para disminuir la variabilidad, o centrar el proceso respecto a las especificaciones.

Ejemplo 1.

Se proporcionan los datos del proceso de rectificación del diámetro de un muñón, según los resultados de 20 muestras de tamaño $n=5$ cada una. Elaborar un gráfica de control de medias y desviaciones estándar.

No. de muestra	Valores de muestra				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	20	13	15	24	20
2	12	24	18	23	21
3	22	22	23	18	20
4	22	24	17	21	19
5	20	21	19	25	17
6	21	22	21	24	22
7	25	21	24	18	13
8	22	24	22	21	21
9	21	17	21	23	19
10	24	20	19	22	18
11	19	21	24	20	23
12	23	23	16	14	23
13	18	15	16	19	23
14	14	22	20	16	20
15	20	16	23	20	15
16	15	18	13	13	14
17	18	14	19	15	18
18	17	19	22	11	17
19	14	17	16	17	22
20	20	20	16	19	13

3. GRÁFICAS DE CONTROL DE LECTURAS INDIVIDUALES Y RANGOS MÓVILES (X-MR).

En algunos casos la formación de subgrupos para propósitos de control no es una tarea efectiva: ya sea porque la salida de un proceso conlleve un gran intervalo de tiempo, o el muestro sea destructivo o muy caro, resulta mejor trabajar con unidades individuales de producto.

Lo mismo sucede cuando se cuenta con tecnología de medición automática, que permite una inspección en línea de unidad por unidad, y sobre todo en procesos químicos cuya salida es un lote de relativa uniformidad.

En los casos referidos a la gráfica de control de lecturas o mediciones individuales es el instrumento estadístico adecuado para controlar el proceso.

Como la gráfica de medias y rangos, la de las lecturas individuales se suele acompañar de una gráfica R para monitorear la variabilidad de la característica a de calidad de bajo estudio, por lo que la estructura general es la siguiente:

Ejemplo 1.

Considérese un proceso en el cual la presión es una característica de calidad importante. Intentar formar subgrupos de cinco mediciones hechas en rápida sucesión por no sería del todo útil, pues los cambios registrados de tal variable

en un periodo resultarían significativos. La gráfica de lecturas individuales es entonces la opción conveniente para monitorear el proceso.

Dado que ahora no existen subgrupos definidos, la variabilidad del proceso estará controlada por el rango móvil, definido como la diferencia absoluto entre dos datos consecutivos (es por esto que se dice que el tamaño de cada subgrupo es $n=2$) es decir

$$\begin{aligned} R_1 &= |X_2 - X_1| \\ R_2 &= |X_3 - X_1| \\ &\vdots \\ R_{K-1} &= |X_K - X_{K-1}| \end{aligned}$$

A menudo, al trabajar con gráficas de control que implican promedios – como la media o la mediana – se comete el error de incluir los límites de especificación en la gráfica. Una de las ventajas de la gráfica de lecturas es que las especificaciones del producto pueden incluirse, y así es posible comparar directamente los datos contra las especificaciones.

Ejemplo:

1. Una de las características de calidad en las operaciones de prensado es la resistencia a la tensión. Los siguientes datos son 25 mediciones de esta variable, para un proceso con especificación inferior de 3.1 kg/cm². A partir de estos datos se elaborará la gráfica de lecturas individuales para monitorear la estabilidad del proceso.

Kg/cm ²	1.97	6.83	5.63	3.57	4.76	5.84	7.20	6.16	1.89	2.17	3.16	3.16	3.16	3.16
rango	---	4.86	1.20	2.06	1.19	1.08	1.36	1.04	4.27	0.28	0.99	0.00	0.00	0.00

Kg/cm ²	3.43	3.43	3.90	3.30	2.20	3.40	2.30	2.17	3.08	3.43	3.36
rango	0.27	0.00	0.47	0.60	1.10	1.20	1.10	0.13	0.91	0.35	0.07

Los rangos móviles se calcularon y aparecen en la segunda columna de la tabla. Con estos números se calcula la media de los rangos, se construye la línea central de la gráfica de rangos.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_{K-1}}{K-1} = \frac{24.53}{24} = 1.02$$

Con $n=2$, se tiene que $D_3=0$ y $D_4= 3.267$; los límites superior e inferior de control para el rango móvil son entonces los siguientes:

$$LIC_R = D_3 \bar{R} = (0)(1.02) = 0$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R} = (3.267)(1.02) = 3.34$$

Al graficar la línea central, los límites de control y los rangos móviles se observa la presencia de causas no aleatorias en el proceso, es decir, el proceso está fuera de control. Por esa razón no se hará la gráfica de control de las lecturas individuales.

Interpretación de resultados.

La gráfica de rangos muestra que el proceso no está bajo control, pues hay un cambio súbito de nivel hacia valores inferiores de la resistencia. El usuario deberá investigar las causas especiales que han provocado este cambio, con el fin de eliminarlas y mejorar el proceso. La gráfica de promedios deberá hacerse solo hasta cuando los rangos sean estables.

Este comportamiento a veces puede ser conveniente; en este ejemplo, sería el caso si la resistencia promedio hubiera aumentado. El tratamiento de las causas asignables que provocarían tal comportamiento de sería diferente, puesto que ahora se trataría de conservarlas.

Ejercicio 1.

Los siguientes valores corresponden a los valores de viscosidad del pegamento elaborado a base de almidón, elaborar la gráfica de control X-MR:

Lectura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Valor final	52	55	53	50	47	45	48	47	55	51	48	45	50	48	49	43	56	53	60	58	48	55	52	50	56

Ejercicio 2.

Con los siguientes datos elaborar una gráfica de valores individuales y rangos móviles (X-MR)

Lectura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Valor Final	10	90	10	11	9	12	10	10	13	11	12		9	10	12	10	11	12	10	11	10	10	10	10	9

4. HISTOGRAMA

Una distribución de frecuencia nos muestra con qué frecuencia un valor entre un conjunto de datos se repite. El histograma es el gráfico de distribución de frecuencias más utilizado y se asemeja mucho al diagrama de barras pero hay importantes diferencias entre ellos.

El histograma se utiliza principalmente

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema

- Mostrar el resultado de un cambio en el sistema
- Identificar anomalías examinando la forma
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación
- Cuando queremos observar cual es la forma en que se distribuyen los datos, especialmente cuando queremos determinar si la salida de nuestro proceso se distribuye normalmente o no.
- Cuando analizamos si el proceso de un proveedor reúne los requisitos necesarios.
- Cuando queremos determinar si las salidas de 2 o mas procesos son diferentes.
- Cuando queremos mostrar los resultados de algunos procesos de manera fácil y muy comprensible.
- Elaboración.
- Comenzamos recolectando al menos 50 puntos consecutivos de nuestros datos.
- Colocamos las medidas de manera que formen filas y columnas, en este caso colocamos las medidas en cinco filas y cinco columnas. La manera mas sencilla es determinar y señalar el numero máximo y mínimo por cada columna y posteriormente agregar dos columnas en donde se colocan los números máximos y mínimos por fila de los ya señalados.
- Tomamos el valor máximo de la columna X y el valor mínimo de las columnas X y tendremos el valor máximo y el valor mínimo.
- Teniendo los valores máximos y mínimos, podemos determinar el rango de la serie de medidas, el rango no es más que la diferencia entre los valores máximo y mínimo.

Rango = valor máximo – valor mínimo

EJEMPLO:

Rango = 3.67 – 3.39 milímetros

Rango = 0.28

N = numero de medidas que conforman la serie

N = 25

Es necesario determinar el numero de clases para poder así tener el intervalo de cada clase.

Ejemplo:

$28 = 4.6$ numero de clase 6

intervalo de cada clase 4.6

El intervalo de cada clase lo aproxima a 5 o sea que vamos a tener 6 clases y un intervalo de 5 por clase.

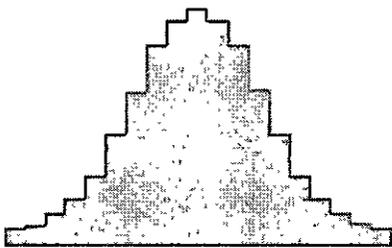
La marca de clase es el valor comprendido de cada clase y se determina así:
 $X = \text{marca de clase} = \text{limite máximo} + \text{limite mínimo}$ con la tabla ya preparada se identifican los datos de medida que se tiene y se introducen en la tabla en la clase que le corresponde a una clase determinada.

Calcule el intervalo o sea la localización sobre el eje X de las dos líneas verticales que sirven de fronteras para cada barrera

1. Construya una tabla de frecuencias que organice los puntos de referencia desde el más bajo hasta el más alto de acuerdo con las fronteras establecidas por cada barra.
2. Elabore el histograma respectivo.

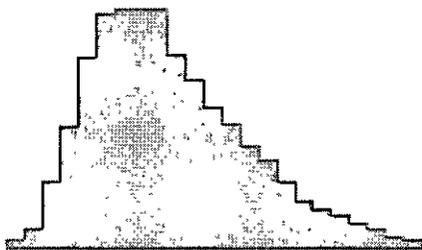
Observaciones.

- Antes de sacar cualquier conclusión, debemos estar seguros de que el proceso opera normalmente durante el periodo de tiempo de nuestro análisis y que no existan factores inusuales durante nuestro estudio, lo que nos puede llevar a conclusiones erróneas acerca de nuestro proceso.
- Analizar muy bien el resultado de nuestro histograma.



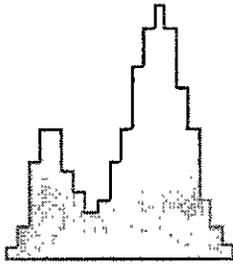
Normal distribution

Distribución Normal.- Su forma común es la famosa curva de campana, y se da porque los datos están desplazados uniformemente a la izquierda y derecha del valor promedio. El termino normal es el menos normal de las distribuciones aunque eso no signifique que este mal.



Right-skewed distribution

Distribución sesgada, es una distribución asimétrica debido a que algún limite natural previene que se cargue hacia un lado. Por ejemplo, en un proceso que requiere cierto grado de pureza tendrá que estar sesgado, porque no podrá tener mas de 100% de pureza. Otro ejemplo es cuando obtenemos la medición de llamadas contestadas, no puede ser cero.



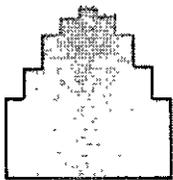
Bimodal (double-peaked) distribution

Esta distribución que luce como la doble joroba de un camello, es el resultado de dos diferentes distribuciones medidas de un mismo proceso, o un proceso con dos lecturas diferentes, por ejemplo aquel proceso que sea flexible y entregue dos lecturas diferentes. La estratificación muestra este problema en forma común.



Plateau distribution

Es conocida como distribución multimodal. Se puede observar cuando se combinan varios procesos que tienen distribuciones normales.



Truncated or heart-cut distribution

La distribución truncada, luce como una distribución normal, solo que esta cortada en los extremos. Se puede observar cuando las especificaciones del cliente son muy estrictas y se deja a la inspección del proveedor eliminar el producto que no este dentro de estos límites específicos.

5. DIAGRAMA DE PARETO.

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los genera. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

Basada en el conocido principio de Pareto, esta es una herramienta que es posible identificar lo poco vital dentro de lo mucho que podría ser trivial,

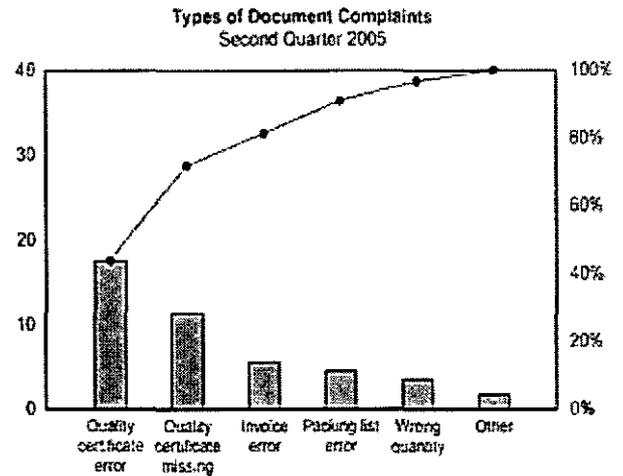
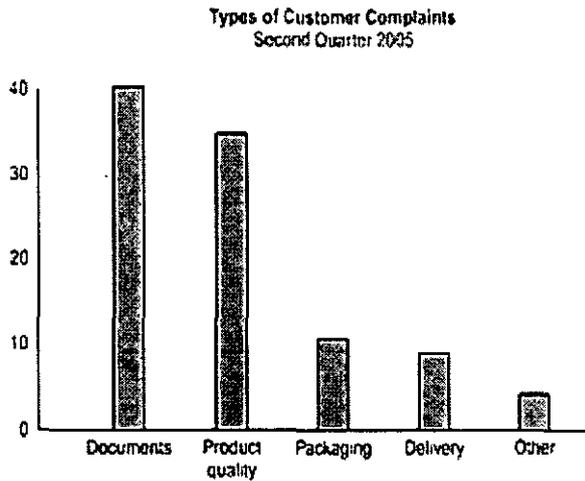
- Su utilidad se demuestra cuando analizamos los datos acerca de la frecuencia en que ocurren ciertos problemas o queremos identificar ciertas causas dentro de un proceso.
- Cuando queremos diferenciar entre varios problemas o causas para enfocarnos en los mas representativos.
- Cuando nos queremos comunicar con otros acerca de lo que representan sus datos e información.

Procedimientos para elaborar el diagrama de Pareto:

1. Decidir el problema a analizar.
2. Definir que tipo de medida es la mas apropiada. Las medidas mas comunes son las de cantidad, frecuencia, costo y tiempo.
3. Definir el periodo de tiempo a analizar. Un ciclo de trabajo, un día, una semana, etc.
4. Diseñar una tabla para conteo o verificación de datos, en el que se registren los totales.
5. Recoger los datos y efectuar el cálculo de totales.
6. Elaborar una tabla de datos para el diagrama de Pareto con la lista de temas, los totales individuales, los totales acumulados, la composición porcentual y los porcentajes acumulados.
7. Jerarquizar los temas por orden de cantidad llenando la tabla respectiva.
8. Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal.
9. Construya un gráfico de barras en base a las cantidades y porcentajes de cada tema.
10. Dibuje la curva acumulada. Para lo cual se marcan los valores acumulados en la parte superior, al lado derecho de los intervalos de cada tema, y finalmente unir los puntos con una línea continua.
11. Escribir cualquier información necesaria sobre el diagrama.
12. Para determinar las causas de mayor incidencia en un problema se traza una línea horizontal a partir del eje vertical derecho, desde el punto donde se indica el 80% hasta su intersección con la curva acumulada. De ese punto trazar una línea vertical hacia el eje horizontal. Los temas comprendidos entre esta línea vertical y el eje izquierdo constituyen las causas cuya eliminación resuelve el 80 % del problema.

Ejemplo.

La figura 1 nos muestra una gráfica con las diferentes quejas que mostraron los clientes en cada una de las diferentes categorías encontradas. En la figura 2 se desglosa la categoría con mayor numero de incidencias y se muestran los diferentes tipos de errores que existen en los documentos.





FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

DESARROLLO EMPRESARIAL

DIPLOMADO EN MAPEO Y REDISEÑO DE PROCESOS

MÓDULO VI *ELABORACIÓN DE ESTÁNDARES E IDENTIFICADORES DE PROCESOS*

Del 05 al 19 de Agosto de 2006

APUNTES GENERALES **-Complemento-**

DE-44

Instructor: Ing. Jorge Caudillo Gutiérrez
Palacio De Minería
Agosto del 2006

Un ingeniero descubre que cada siete puntos hay un punto más bajo que otros.

Un operario percibe que cada tres muestras, la muestra tiene un valor determinado y constante.

La variación se da a una hora determinada del día.

La variación se da al inicio o al final de una jornada de trabajo.

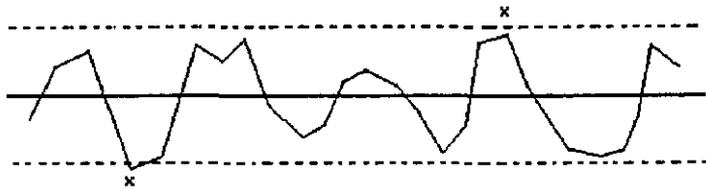


figura 9

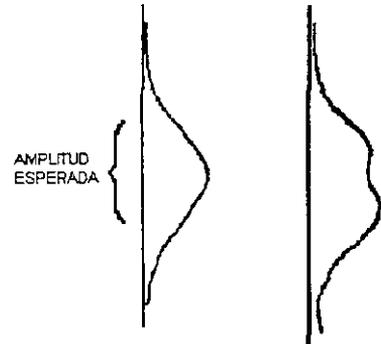


figura 10

Para \bar{X} (R debe estar bajo control)

- Efectos ambientales debidos a cambios de temperatura y humedad
- Fatiga del operario
- Rotación de personal
- Diferencia de mediciones
- Fluctuación en el voltaje
- Turnos

Para R

- Mantenimiento de inventarios
- Fatiga del operario
- Rotación de puestos
- Turnos

Para p

- Clasificación
- Muestro
- Diferencia entre abastecimiento

Individuales.

- Semejantes al gráfico \bar{X} y R

6. Estratificación

La estratificación es una mezcla estable y constante.

Se estima por la secuencia de puntos dentro de un mismo rango.

Los modelos de estratificación se detectan mediante muestreos que revelan consistencia de diferentes distribuciones por que las fluctuaciones que presentan los puntos en la gráfica son mínimos.

Lo más conveniente es seleccionar muestras por operación, operario, maquina, etc. Para detectar si en alguno de ellos falta control o el proceso no es hábil o el modelo que presenta no es casual (normal) y forma un modelo que no proviene de causas aleatorias.

Si se supone que se recaba información de cuatro diferentes máquinas, figura 11. la amplitud de cada distribución es de ± 0.01 pero el intervalo de variación entre ellas es de 0.05: si se obtienen muestras formadas por elementos de todas las maquinas, es muy probable que la media y el rango fomen un proceso bajo control, sin embargo para la mejora del proceso es preciso tratar de cerrar el intervalo de manera que todas las máquinas, teniendo la menor diferencia entre las medias, forman una misma curva normal.

Una forma de detectar la estratificación sin necesidad de muestrear máquina, es variar la manera de elegir la muestra; por ejemplo tomando muestras de siete elementos durante un período M, y luego al tomar las siguientes del período M variar el porcentaje que interviene en la muestra, lo cual podría ser, tomar tres elementos de la máquina P, anotando como observación el cambio que se esta efectuando; si la gráfica se comporta en forma diferente indica que existe estratificación (fig. 12), así se puede seguir experimentando durante períodos sucesivos al menos de 12 muestras cada una para determinar si las máquinas tienen un comportamiento similar o si influyen en forma consistente en la variabilidad del proceso.

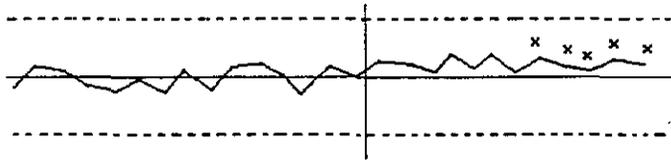


figura 11



figura 12

Las causas más comunes de variación son:

Para \bar{X} (R debe estar bajo control)

- Cálculos incorrectos de medición y de límites
- Diferencias en material, operadores, maquinaria
- Partes o componentes mezclados

Para R

- Diferencia de materiales
- Piezas componentes intercambiados
- Desajustes de la automatización
- Cálculos mal efectuados

Para p

- Técnica de muestreo, no aleatoria
- Lotes de diferentes fuentes
- Diferencia en el proceso
- Diferencia en la toma de datos

Individuales.

Es difícil detectar en este tipo de gráfico la estratificación a menos que se señalen características de cada elemento.

7. Inestabilidad

Un modelo inestable presenta puntos erráticos que fluctúan a lo largo de la gráfica de control. Fig. 13 y 14.

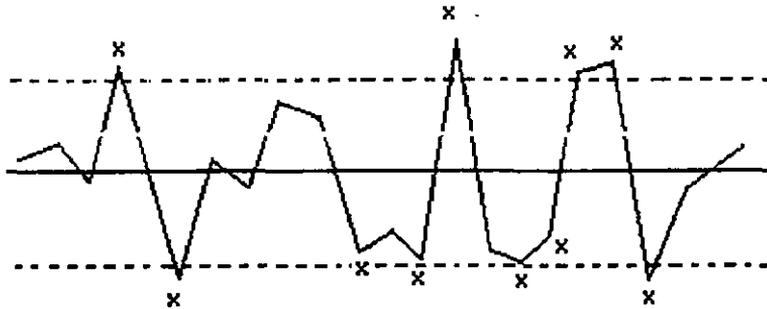


figura 13



figura 14

La inestabilidad puede deberse a una sola causa o a causas conjuntas.

Para \bar{X} (R debe estar bajo control)

Causas simples más comunes

- Ajustes de maquinaria
- Instalaciones inadecuadas
- Temperaturas no controladas
- Diferencias en los materiales
- Piezas o partes mezcladas en la línea
- Diferencia en las mediciones
- Dejar deliberadamente que el producto fluctúe entre límites amplios y de especificación
- Comportamiento errático de controles automatizados.

Causas complejas más frecuentes

- Efecto de procesos variables
- Efecto de diferentes operaciones del proceso
- Método de medición o aparatos no calibrados

Para R

Cerca del LSC

- Operario incompetente
- Instalaciones inadecuadas
- Mezclas de material
- Operario no comprometido con su trabajo
- Maquinaria que necesita reparación
- Falta de calibración en el equipo
- Almacenamiento de desechos
- Partes defectuosas

Cerca de LIC

- Operario capacitado
- Mayor uniformidad en las piezas
- Hábitos de trabajo
- Implementación de control en otras áreas que influyen en el proceso

Para p

Cerca del LSC

- Operarios sin experiencia
- Operarios descuidados
- Bajo mantenimiento
- Piezas o material defectuoso
- Mediciones no confiables

Cerca del LIC

- Progresos del operario
- Mejora en los ensambles
- Mejora en el material y equipo
- Relajación de estándares
- Mediciones inapropiadas

Otras causas

- Variación en la toma de muestras
- Diferencia de lotes
- Diferencia en la distribución
- Muestreo no aleatorio

Individuales.

- Causas que afectan a \bar{X} y R.

8. Interacción

Es la tendencia de una variable a variar a consecuencia de otra variable; la tendencia de dos o más variables a producir un efecto debido a la combinación de sus características.

La interacción puede ser detectada en las gráficas de control \bar{X} siempre que los datos se presenten de dos o más formas. Mientras que en la gráfica R se puede presentar como cambio de nivel.

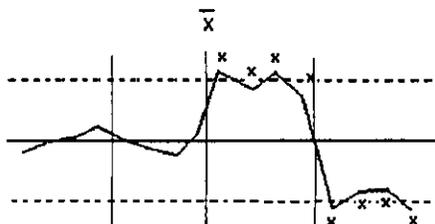


figura 15

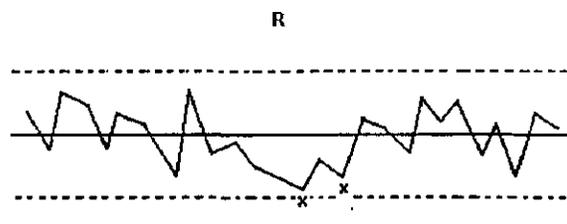


figura 16

En un diseño de experimento, donde se puede controlar o separar algunas de las variables del proceso es posible detectar la interacción; este término (interacción) se utiliza en lugar de residual que corresponde a una estimación de la variación no explicada por ninguna de las variables separadas sino por todas ellas. En un análisis estadístico se expresa como la "variación dentro de los grupos" que no se explica por el cambio de medias de cada grupo en particular.

Para identificar la interacción se sugiere:

- Determinar y clasificar por orden de importancia las variables.
- Considerar la adecuación de las instalaciones
- Eliminar alguna variable y observar el comportamiento.

9. Mezcla

En una mezcla los puntos tienden a estar cerca de los límites. ("Adhesión a los límites"). La mezcla corresponde a una combinación de dos gráficos diferentes, como se observa en las fig. 17 y 18.

Si los componentes de una distribución se muestra más o menos constante con relación a la posición objetiva o proporcional, se dice que es una mezcla estable; de no ser así se clasifica como mezcla variable.

mezcla

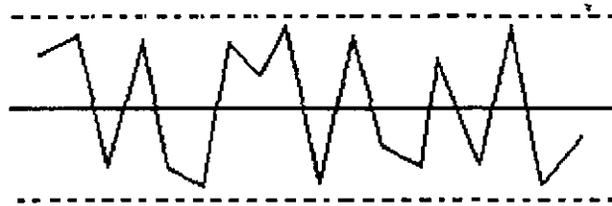


figura 17

modelos separados

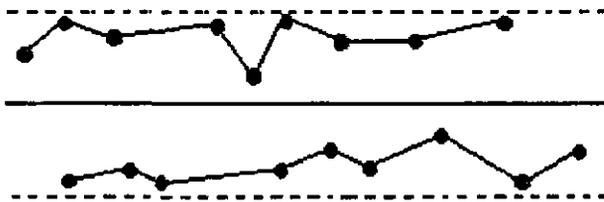


figura 18

10. Mezcla estable

La mezcla estable presenta pocos puntos cerca del centro. Si es posible se deben tomar muestras separadas de acuerdo a las variables que serían: máquina, operarios, líneas de producción, etc., y detectar si en el gráfico \bar{X} , p están los puntos por encima o por debajo de la línea central. Sistematizar el muestreo es otro recurso que resulta valioso para detectar las mezclas.

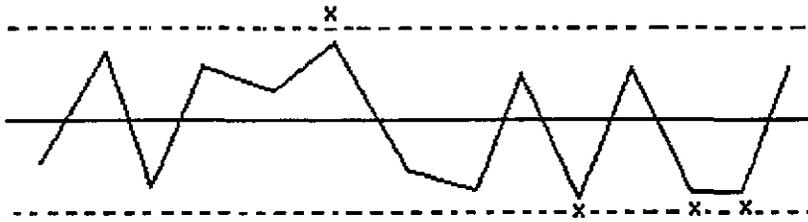


figura 19

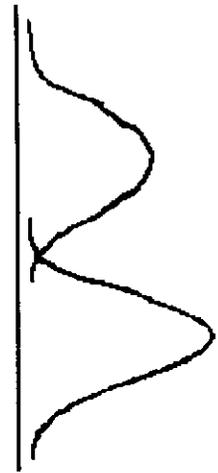


figura 20

Para \bar{X}

- Diferencias en materiales, operaciones, etc.
- Diferencias de lotes
- Piezas mezcladas en la línea de producción
- Toma de medidas

Para R

- Diferencia de lotes
- Piezas y materiales mezclados en una línea de producción
- Desajustes en la automatización
- Diferencias en las mediciones debidas a aparatos mal calibrados.

Para p

- Muestreo no aleatorio
- Materiales de diferentes proveedores
- Diferencias en las operaciones
- Mediciones inadecuadas

11. Mezcla variable

Una mezcla inestable o variable está formada por lo general de dos o más modelos; los cambios que se detectan pueden ser cambios de localización y proporción.

Las mezclas variables se pueden clasificar en los cuatro modelos siguientes:

- a) Inestabilidad (7)
- b) Interacción (8)
- c) Agrupamiento (1)
- d) Saltos o abortos (13)

En general, la dirección y eliminación de mezclas variables, forman otros modelos que son más fáciles de interpretación.

Causas para \bar{X}

- Cambios en la distribución debidos a diferencias en los materiales, operarios, pruebas, etc.
- Desajuste en controles automáticos
- Efectos experimentales o de desarrollo en el trabajo
- Cambios de temperatura

- Procedimiento de muestreo
- Cambios en los métodos de medición
- Errores en las gráficas
- Operaciones incompletas

Para R

- Diferencia materiales, maquinaria, operarios, pruebas, métodos de medición.
- Mezclas de material
- Instalaciones inadecuadas
- Fatiga de los operarios
- Maquinaria que necesita reparación
- Operaciones incompletas
- Piezas defectuosas
- Error en los cálculos.

Para p

- Falta de control en el proceso
- Ajustes de equipo
- Falta de sistematización
- Variación en el muestreo
- Muestreo no aleatorio

Individuales

Mismas causas que afectan \bar{X} y R

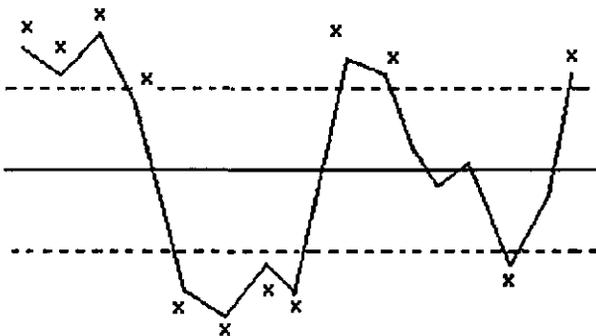


figura 21

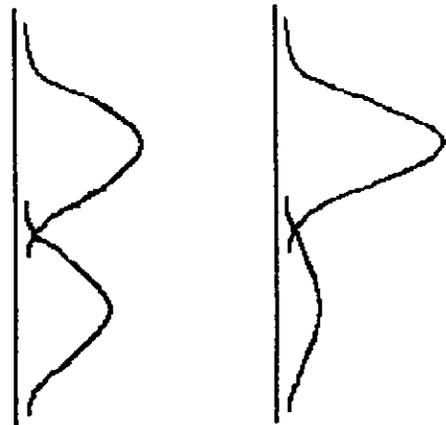


figura 22

12. Natural o normal

Este modelo es estable, no se advierte tendencias en él, ni puntos erráticos. Se da cuando el proceso está bajo control. No necesariamente es una perfecta distribución normal. El gráfico R indica que el proceso está bajo control, que hay poca variación entre datos. El gráfica \bar{X} muestra un modelo donde la mayor parte de los punto se grafican en el centro y van disminuyendo hacia los límites.

Cuando el proceso está bajo control es posible relacionarlo con los límites de tolerancias o especificación.

Un modelo ordinario o natural para el gráfico p indica que la distribución es estable con respecto al promedio y rango.

En general un gráfico que muestre un modelo de un proceso bajo control, informa que durante un período considerable no hay variaciones anormales y mediante él es fácil detectar las causas especiales.

En el estudio de habilidad del proceso este modelo puede informar que un problema de ingeniería no es posible separarlo.



figura 23

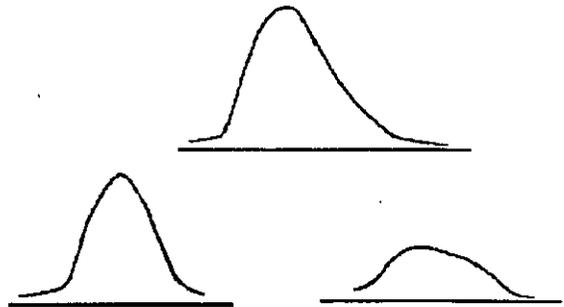


figura 24

13. Saltos o abortos

Este tipo de gráfico es el resultado de unidades especiales o mediciones diferentes. Pueden también ser el resultado de causas extrañas, ocasionales o circunstancias especiales del proceso.

Otra causa puede ser el error de los cálculos o una interpretación errónea debida a cambios en la escala de mediciones.

Por el hecho de darse en forma aislada es fácil de identificar y de determinar sus causas.

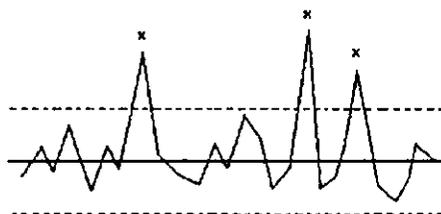


figura 25

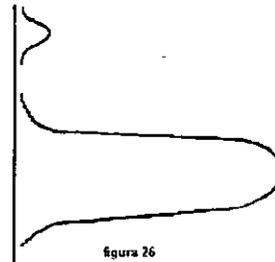


figura 26

Para \bar{X} (R debe estar bajo control)

- Error en medidas
- Error en gráfica
- Cambio de escala
- Operación incompleta
- Operación omitida
- Rompimiento del proceso

Para R

- Operación incompleta
- Operación omitida
- Error de operación
- Error de medida.

Para p

- Variación en muestreo
- Diferencias en la distribución
- Un lote muy variable en calidad

Individuales

- Salto abrupto en temperatura, control, etc.

14. Tendencias continuas

Se define como una variación constante en forma ascendente o descendente.

Las causas más comunes son:

Para \bar{X}

- Deterioro en la herramienta
- Deterioro en los instrumentos de medición
- Envejecimiento de maquinaria
- Inadecuados muestreos
- Incremento o decremento en temperatura, humedad o variable que deben controlarse en el proceso
- Fatiga del operario
- Cambio gradual de estándares
- Cambio en proporción de los lotes
- Acumulación de desechos
- Acumulación de materiales para reproceso

Para R

- Cambio en proporción de lotes
- Variabilidad en las mezclas
- Deterioro en la herramienta
- Capacitación gradual de técnicos
- Programa de mejoramiento
- Proceso de control aplicado en otras áreas
- Producto más homogéneo o menos afectado por mezclas

Para p

- Más defectivos
- Ha empeorado el material
- Herramientas deterioradas
- Cambio en criterios de medición
- Aumento de control en operaciones paralelos o que suministran el material
- Mejora de material
- Relajación en los requerimientos
- Relajación en los estándares

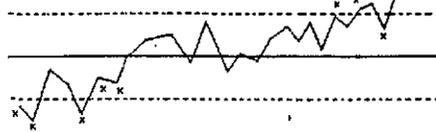


Figura 27

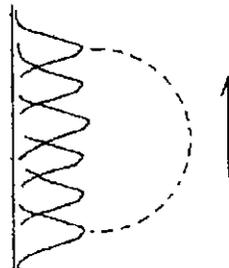


Figura 28

15. Tendencias variables

Las tendencias para este modelo varían y su percepción es difícil pues puede ser simple o complejo, correspondiendo a puntos o a niveles.

Correspondencia punto a punto



figura 29

Correspondencia de nivel a nivel

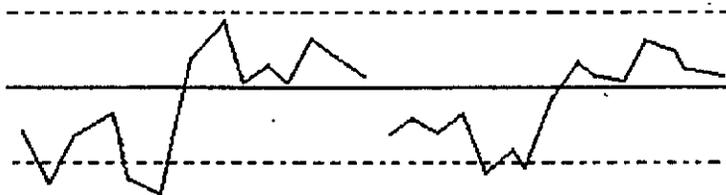


figura 30

Regla de las Zonas.

Existen otros criterios para determinar si un proceso se encuentra fuera de control al analizar la carta correspondiente. A continuación se presenta la Regla de las Zonas:

Se dice que un proceso está "fuera de control" si:

- Uno o más puntos caen fuera de los límites de control
- Se divide el Gráfico de Control en zonas como sigue:

