



Análisis de la Capacidad del Proceso

- C_p
- C_{pk}

Análisis de la capacidad del proceso



- Anteriormente se analizó la metodología para encontrar los límites de control, tanto la media como para la variabilidad del proceso.
- El hecho de que un proceso se encuentre *bajo control* no significa en ningún momento que está produciendo piezas acordes con las especificaciones que le son impuestas; lo que significa simplemente que se está comportando de la forma como tradicionalmente lo ha venido haciendo, y que sobre él no están actuando causas asignables.

Análisis de la capacidad del proceso



- Es necesario distinguir entre
 - “Límites del proceso” y
 - “Límites de especificación”
- La diferencia principal entre uno y otro radica en que, los límites del proceso (naturales) se aplican a muestras provenientes del proceso, y sirven para detectar cambios significativos en su comportamiento.

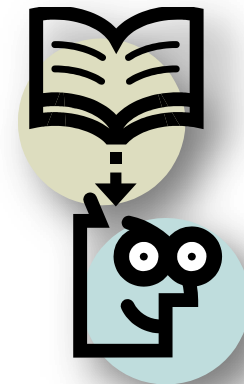


Análisis de la capacidad del proceso

- Mientras que los límites de especificación se aplican para cada pieza individualmente, y representan las dimensiones que debe cumplir para satisfacer los requerimientos de calidad.
- Generalmente los límites de especificación vienen dadas por condiciones externas al proceso, tales como exigencias del consumidor, normas nacionales, etc.

Análisis de la capacidad del proceso

- Obviamente un productor que pretenda cumplir con las condiciones de calidad impuestas externamente, debe tratar de conciliar las características de producción del proceso con las especificaciones, y de allí nace la necesidad de los *estudios de capacidad*.





Índices de capacidad del proceso

- Los índices de capacidad del proceso intentan mostrar a través de un número si un proceso puede cumplir consistentemente con los requerimientos impuestos sobre un proceso por clientes internos o externos.
- Estos índices no tienen unidades, lo cual permite comparar dos procesos completamente diferentes.



Índices de capacidad del proceso

- La limitante principal de estos índices es que no tienen significado si los datos analizados provienen de un proceso fuera de control y la razón es que la capacidad del proceso es una predicción y solo se puede predecir algo que es estable.

Índices de capacidad del proceso



- Para estimar la capacidad de un proceso, es necesario que se cumplan dos condiciones:
 - Proceso bajo control estadístico.
 - Que los datos se distribuyan normalmente .

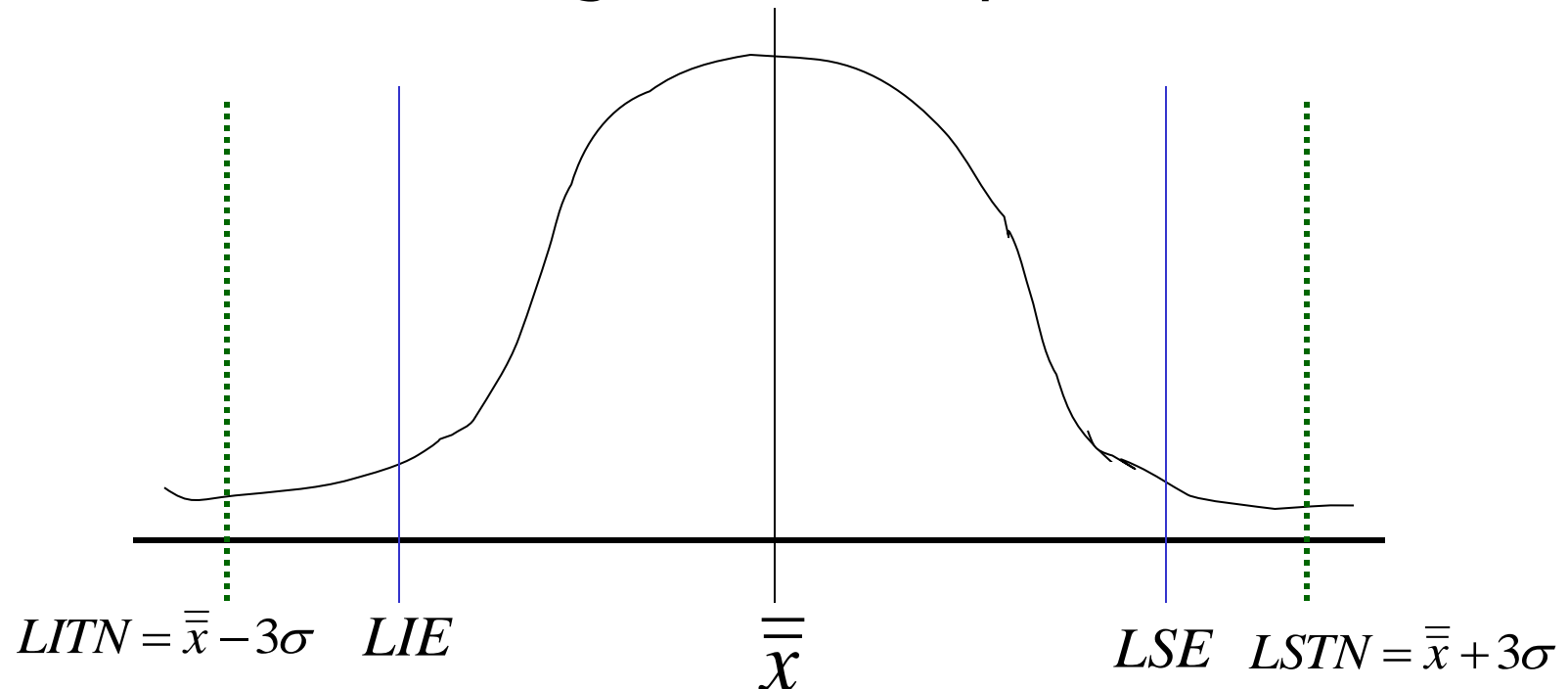
Índices de capacidad del proceso



- Generalmente se usan dos índices para evaluar la capacidad del proceso para producir dentro de las especificaciones:
 - C_p : índice de capacidad potencial del proceso. No toma en cuenta la media observada del proceso.
 - C_{pk} : índice de capacidad o habilidad real del proceso. Si toma en cuenta la media observada en el proceso.

Índices de capacidad del proceso

- Antes de ver como calcular el C_p y el C_{pk} , es necesario revisar algunos conceptos.



Índices de capacidad del proceso



- Dónde:

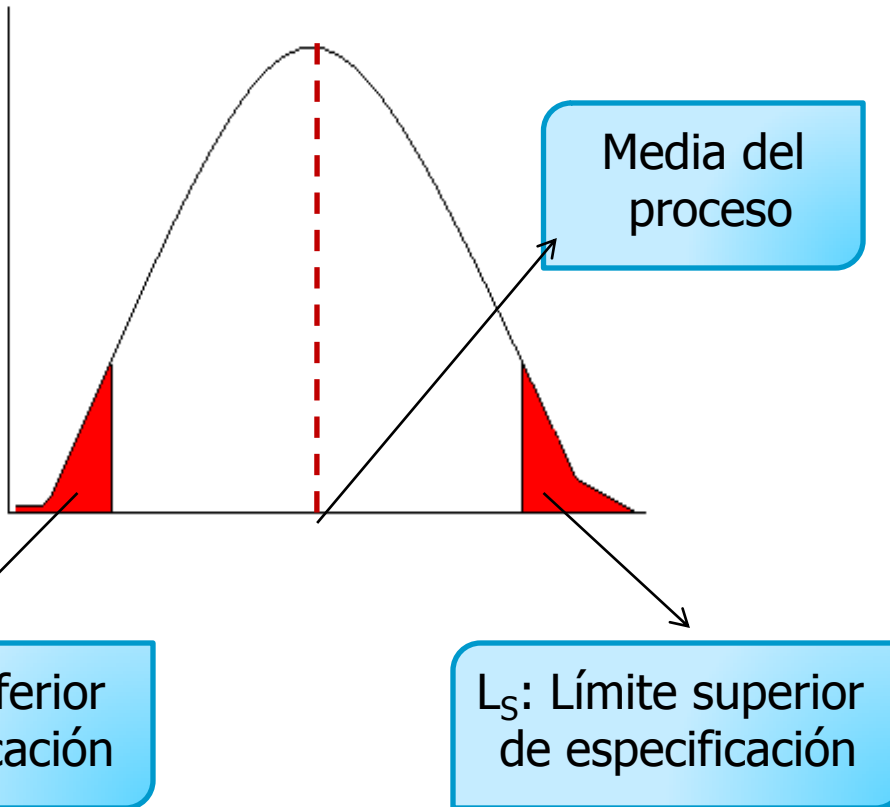
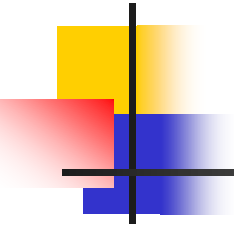
- LSTN = límite superior de tolerancia natural
- LITN = límite inferior de tolerancia natural
- LSE = límite superior de especificación
- LIE = límite inferior de especificación

Índices de capacidad del proceso



- 6σ se puede considerar como la dispersión real del proceso.
- Puesto que ambos límites se disponen a una distancia de la media $\pm 3\sigma$ respectivamente, entonces la proporción de observaciones entre ambos límites es del 99.73%

Definiciones de capacidad del proceso



$$\mu = \frac{LIE + LSE}{2}$$





Definiciones de capacidad del proceso

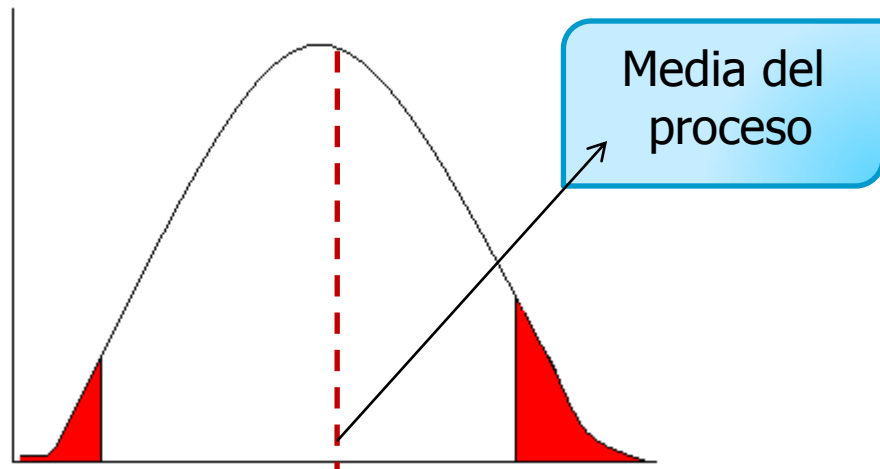
- Centrar un proceso no es garantía de que la producción va a cumplir con las especificaciones, pues si los límites de especificación resultan más estrechos que los límites de variación $\pm 3\sigma$, entonces un cierto porcentaje de la producción va a resultar defectuosa.



Definiciones de capacidad del proceso

- Cuando un proceso está centrado, el porcentaje de piezas defectuosas se reparte por igual a ambos lados de la curva.

Definiciones de capacidad del proceso



$$\mu \neq \frac{LIE + LSE}{2}$$

L_i: Límite inferior de especificación

L_s: Límite superior de especificación

Proceso Descentrado con media corrida hacia la derecha



Definiciones de capacidad del proceso

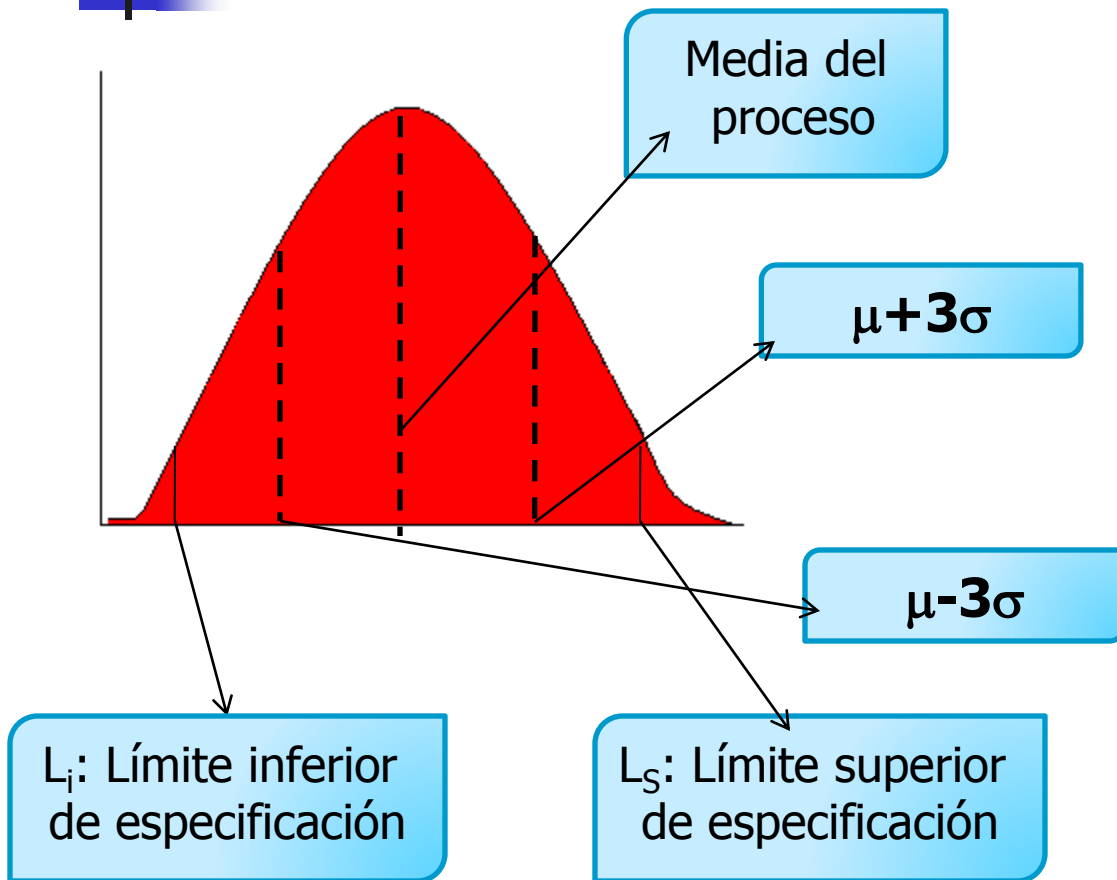
- Cuando la media de un proceso no coincide con la media de la especificación, se dice que está descentrado o que la media está corrida, y en ese caso el porcentaje de piezas por encima del límite superior (defectuosas por exceso) es diferente que las que resultan por debajo del límite inferior (defectuosas por defecto)



Definiciones de capacidad del proceso

- Por lo general, en el control de calidad, se trata de mantener al proceso centrado, porque bajo esta situación, el porcentaje de piezas fuera de especificación es lo mínimo posible.

Definiciones de capacidad del proceso



$$6\sigma \leq LSE - LIE$$

Proceso
Capaz



Estimación de los parámetros

- La diferencia $T = LSE - LIE$ se puede considerar que es la dispersión permitida del proceso (tolerancia).
- Si no se conoce la μ , la \bar{x} doble barra es la media estimada del proceso, la cual se obtiene como la línea central de un gráfica de medias.



Estimación de los parámetros

- Resulta obvio que cuanto mayor sea la tolerancia de un producto, más fácil le resultará al proceso cumplir con las exigencias de calidad (mayor variabilidad), pero por el contrario, cuanto más pequeña sea la tolerancia, es más difícil cumplir puesto que el margen de variabilidad es más estrecho, y por tanto más exigente.



Estimación de los parámetros

- La σ es la desviación estándar del proceso, la cual si no se conoce, se estima de la gráfica de control de la variabilidad del proceso.

$$S = \begin{cases} \frac{\bar{R}}{d_2} & (\bar{x} - R) \\ \frac{\bar{S}}{c_4} & (\bar{x} - S) \end{cases}$$



Análisis de las especificaciones

- Una vez que el proceso se encuentra bajo control, y que sus parámetros han sido estimados, el paso siguiente es comparar el resultado de esta estimación con las especificaciones.
- Generalmente las especificaciones son bilaterales, es decir que establecen dos límites.
- Lo más importante es que los valores que se establecen se aplican para cada pieza individualmente, y no al promedio de una muestra o subgrupo.



Análisis de las especificaciones

- I. $[\mu-3\sigma; \mu+3\sigma] \subseteq [L_i ; L_s]$: Esta situación es la ideal, y es la que identifica a un proceso capaz, pues aquí el proceso puede cómodamente cumplir con las especificaciones y no habrá prácticamente piezas defectuosas. No necesariamente el proceso está centrado.

La recomendación sería tratar de centrar el proceso.



Análisis de las especificaciones

II. $[L_i ; L_s] \subseteq [\mu - 3\sigma ; \mu + 3\sigma]$: proceso no capaz, en donde las especificaciones resultan demasiado estrictas para su precisión, y por más esfuerzos de control que se hagan, el proceso va a producir un porcentaje apreciable de piezas defectuosas.

La recomendación sería cambiar las maquinarias por otras más precisas, entrenar mejor al personal, etc.



Análisis de las especificaciones

III. Ninguno de los dos intervalos está incluido dentro del otro.

El proceso está descentrado. Las piezas conformes son las que se encuentran en la intersección del intervalo natural del proceso con el intervalo de especificación.

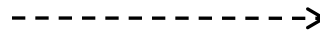
Un caso extremo de esta situación es aquella en donde la intersección es vacía y por tanto el 100% de la producción será defectuosa.



Cálculo del C_p

- Caso 1: Proceso centrado

$$C_p = \frac{L_s - L_i}{6\hat{\sigma}}$$



No puede ser
negativo
 $L_s > L_i$

*Coficiente de capacidad básica o potencial del
proceso*



Cálculo del C_p

- Cuando el proceso es centrado el porcentaje de piezas conformes es máximo.
- Cuando el proceso es capaz, este porcentaje máximo de piezas conformes es aproximadamente el 100%, pero cuando no es capaz no alcanza dicho porcentaje y lamentablemente el proceso no puede ser mejorado, a menos que se logre una ampliación en las especificaciones o una reducción en la desviación estándar.



Interpretación del C_p

- Antes de hacer algo sobre ese punto, hay que cerciorarse de que el proceso esté bajo control estadístico, si es así, entonces:
 - I. $C_p < 1$: no es posible garantizar que la totalidad de las piezas producidas satisfacen la especificación (proceso no puede ser capaz).
 - II. $C_p > 1$: el proceso es capaz.



Interpretación del C_p

- El coeficiente C_p tiene también otra interpretación muy importante, pues su inverso representa el porcentaje de la banda de tolerancia que abarca los límites naturales de variación del proceso, cuando éste está centrado. Por ejemplo si

$$C_p = 1,40$$



Interpretación del C_p

- Se interpreta como una medida que el proceso es capaz en caso de que esté centrado.
- Calculando su inverso expresado en porcentaje

$$\frac{1}{1,40} * 100\% = 71,43\%$$



Interpretación del C_p

- Puede ser interpretado como que los límites naturales de variación del proceso representan el 71,43% de los límites de especificación.

$$\left(\bar{X}, R\right) \Rightarrow \hat{C}_p = \frac{L_s - L_i}{6\bar{R}} d_2$$

$$\left(\bar{X}, S\right) \Rightarrow \hat{C}_p = \frac{L_s - L_i}{6\bar{S}} c_4$$



Cálculo del C_{pk}


- Caso 2: Proceso no centrado

Cuando el proceso no está centrado, el porcentaje de piezas conformes no es máximo, pero esto no implica que el proceso no sea capaz, pues puede suceder que las especificaciones le resulten tan amplias que a pesar del corrimiento de la media, la casi totalidad de las piezas caigan dentro de la especificación.



Cálculo del C_{pk}

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left\{ \frac{L_s - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\hat{\mu} - L_i}{3\hat{\sigma}} \right\}$$



**Coeficiente de
capacidad real**



Interpretación del C_{pk}

1. $C_{pk} > 1.33$: el proceso es capaz y es comúnmente usado como una meta para muchas compañías.
2. $1 < C_{pk} < 1.33$: el proceso es marginalmente capaz.
3. $C_{pk} < 1$: el proceso no es capaz.

Interpretación del C_{pk}

$$C_p = C_{pk} > 1$$



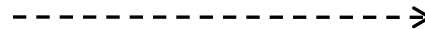
Proceso capaz y centrado

$$C_p > C_{pk} > 1$$



**Proceso capaz
No centrado**

$$C_p > 1, \quad C_{pk} < 1$$



**Proceso potencialmente capaz.
Si se centra puede ser capaz**



Interpretación del C_{pk}

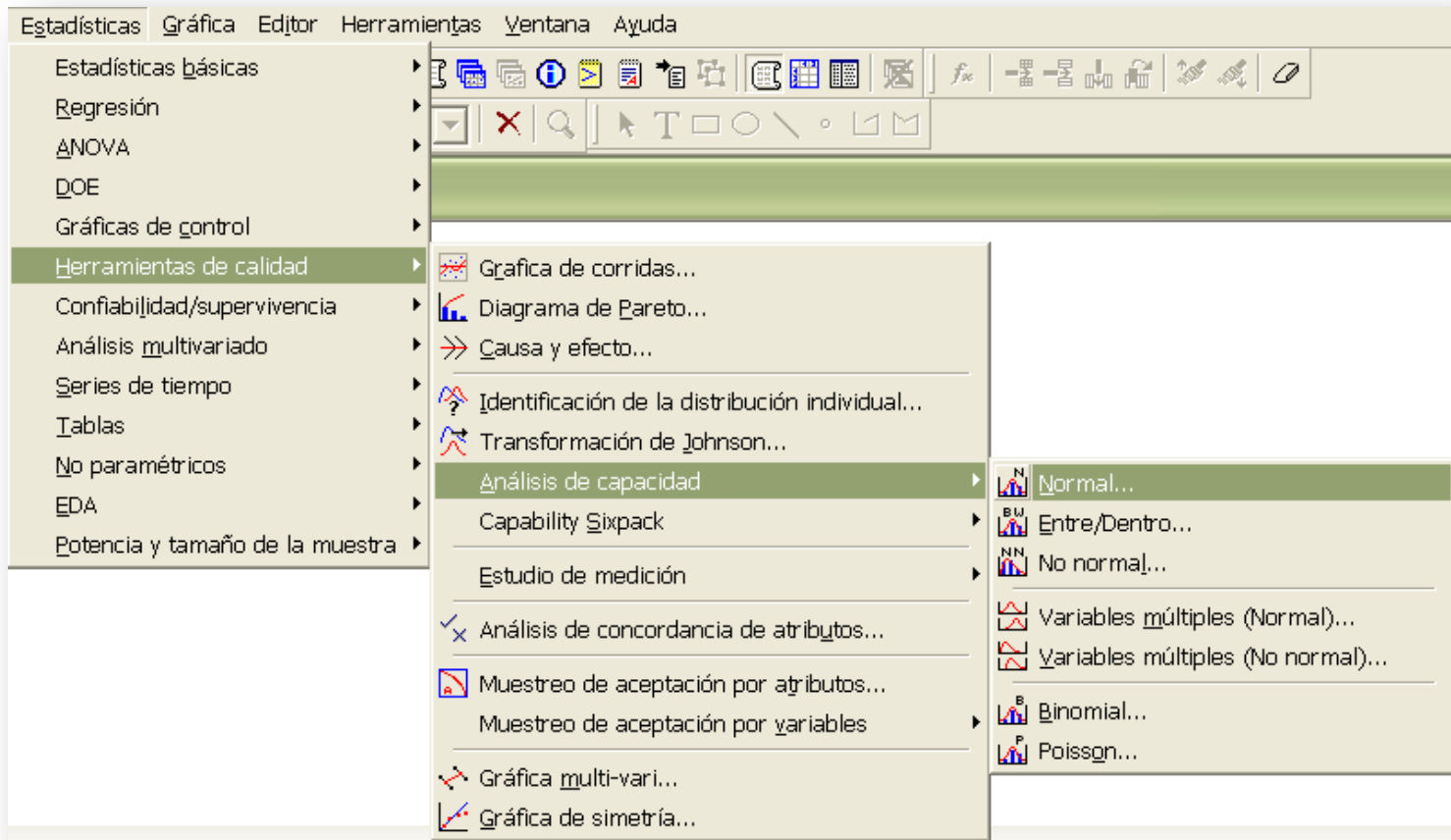
$$C_{pk} < C_p < 1$$



Proceso incapaz

Si C_{pk} fuese negativo la media está tan corrida que se sale de los límites de especificación.

Ejemplo





Ejemplo

Un dado de extrusión se emplea para producir barras de aluminio. El diámetro de las barras es una característica de calidad crítica, que debe encontrarse dentro de las especificaciones $(0,5035 \pm 0,0010)$ pulgadas.

Se toman 20 muestras de 5 barras cada una.



Ejemplo

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
\bar{X}	34,2	31,6	31,8	33,4	34	32,1	32,6	33,8	34,8	38,6
R	3	4	4	5	4	2	7	9	10	4

Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
\bar{X}	35,4	34	36	37,2	35,2	33,4	35	34,4	33,9	34
R	8	8	4	7	3	10	4	7	8	4



CAPÍTULO 3

Muestreo para aceptación de lotes

Muestreo para aceptación de lotes



- **Objetivos:**

1. Comprender y aplicar los conceptos básicos del muestreo de aceptación.
2. Identificar y diferenciar los sistemas de muestreo de aceptación para atributos, particularmente el MIL - STD - 105E.
3. Comprender el funcionamiento de un sistema de muestreo de aceptación para variables.

Muestreo para aceptación de lotes



■ Introducción:

- El muestreo para aceptación es un campo importante del control estadístico de la calidad, es otra herramienta para evaluar la calidad de un producto.
- Los fundamentos de muestreo para aceptación se desarrollaron en 1925 a 1927 en los Laboratorios Bell; después sólo se aplica esporádicamente y no es sino hasta la Segunda Guerra Mundial cuando se incorpora en los estándares militares de calidad. A partir de ese momento se difunde el uso masivo del muestreo de aceptación, el cual se aplica hasta la fecha.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Conceptos generales:**

- **Aspectos importantes en el muestreo:**

- El propósito del muestreo de aceptación es juzgar lotes, no estimar su calidad.
 - Los planes de muestreo para aceptación no proporcionan alguna forma directa de control de calidad, sólo admite o descarta lotes.
 - El uso más eficiente del muestreo para aceptación no es “inyectar calidad al producto mediante la inspección”, sino más bien como una herramienta de verificación para asegurar que la producción o salida de un proceso está conforme a los requisitos.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Enfoques para juzgar un lote:**

- **Aceptarlo sin inspección:** Útil en casos en que el proceso del proveedor es tan adecuado (relación de capacidad de proceso de 3 ó 4) que casi nunca genera artículos defectuosos, o en los que no existe una justificación económica para juzgar artículos defectuosos.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Efectuar una inspección al 100%:** esto es inspeccionar cada artículo en el lote, quitar todas las unidades defectuosas encontradas (se pueden devolver al proveedor, retrabajarlas, cambiarlas por artículos conformes o rechazarlas). Se usa cuando el componente es muy crítico y dejar pasar un artículo defectuoso daría como resultado un costo inaceptablemente alto de una falla en etapas sucesivas, o cuando la capacidad del proceso del abastecedor es inadecuada para satisfacer las especificaciones.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Utilizar el muestreo para aceptación:** Es muy probablemente útil cuando:
 1. La prueba es destructiva
 2. Es muy alto el costo de una inspección al 100%
 3. una inspección al 100% no es tecnológicamente factible, o cuando se necesitaría tanto tiempo que la planeación de la producción se vería seriamente afectada.

Muestreo para aceptación de lotes



4. Hay que inspeccionar muchos artículos y la tasa de errores de inspección es lo suficientemente alta como para que una inspección al 100% pudiera dejar pasar un mayor porcentaje de artículos defectuosos que un plan de muestreo.
5. El proveedor tiene un excelente historial de calidad, y se desea alguna reducción en la inspección al 100%, pero la relación de capacidad de su proceso es lo suficientemente baja como para que la no inspección no sea una buena alternativa.
6. Existen riesgos potencialmente serios respecto a la posibilidad legal por el producto, y aunque es satisfactorio el proceso del abastecedor, se requiere aplicar un proceso de vigilancia continua.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Ventajas del muestreo por aceptación:**
 - Es menos costoso, pues requiere menor inspección.
 - Menor daño del producto, al haber menor manejo del mismo.
 - Menos inspectores y por lo tanto menos capacitación.
 - Reducción de los errores de inspección.
 - Puede aplicarse en el caso de pruebas destructivas.
 - El rechazo de lotes completos, en lugar de la simple devolución de los artículos defectuosos, constituye una motivación más fuerte para que el proveedor mejore la calidad de sus productos.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Desventajas del muestreo para aceptación:**

- Existe el riesgo de aceptar lotes “malos” y rechazar lotes “buenos”.
- Hay que agregar planeación y documentación.
- Generalmente la muestra proporciona menor información acerca del producto

Muestreo para aceptación de lotes



- **¿Porqué es válido el muestreo?**
 - Una pieza da rápida información sobre la calidad de las piezas de un lote. Pero además, de la muestra se pueden obtener conclusiones acerca de lo bien o mal que se desarrolló un proceso en el momento de extraer una muestra (aplicación en gráficas de control). Así, el proceso puede hablar del producto. El muestreo de aceptación también es válido para las piezas no inspeccionadas obtenidas del mismo proceso que las inspeccionadas.

Muestreo para aceptación de lotes



■ Razones para usar muestreo de aceptación:

- No se puede asumir que el proceso sea estable, ni es siempre posible que a la larga lo sea.
- En operaciones que se realizan bajo trabajo intensivo, las causas asignables no siempre se pueden conocer.
- Aún cuando se puedan conocer las causas asignables, existen procesos que no se pueden parar y ajustar de inmediato.
- Es común una gran variación entre operadores y el manejo de las gráficas de control para cada operador no es tan sencillo.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Formación de lotes:**

- El muestreo por aceptación puede desarrollarse en una base de lote por lote o en un flujo continuo de productos, aunque los planes de muestreo más comúnmente usados se basan en muestreo por lotes.
- Entre los diferentes tipos de lotes que se pueden formar (de manufactura, de embarque, etc.), los **lotes de inspección** son los que se utilizan en muestreo de aceptación.

Muestreo para aceptación de lotes



- Frecuentemente los lotes de inspección se constituyen por la forma en que el producto se maneja o se embarca; en otras ocasiones se puede influir en el tamaño y en la forma en que se constituyen estos lotes, en cuyo caso se deben aplicar los siguientes dos principios:
 - Es deseable que haya homogeneidad dentro del lote.
 - Si los lotes son homogéneos, son mejores lotes grandes que pequeños.

Muestreo para aceptación de lotes



- Si se tienen lotes grandes, los tamaños de muestra también serán grandes y se obtendrá una determinación más confiable de la aceptabilidad del lote, siempre que el lote en cuestión sea homogéneo.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Muestreo aleatorio:**

- Las tablas de muestreo publicadas suponen que las muestras se obtienen al azar, esto es, que cada una de las unidades de producto no inspeccionadas tienen la misma probabilidad de ser la siguiente seleccionada para la muestra. Para realizar un muestreo aleatorio, se requiere numerar las piezas de un lote y seleccionar números aleatorios que indiquen cuáles unidades serán seleccionadas.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Selección de números aleatorios:**
 - Usando una tabla de números aleatorios
 - A través de una calculadora que incluye esta opción
 - Un recipiente de bolas o papeles numerados

El método de selección influye en los resultados del muestreo, buscándose obtener una “muestra representativa” de un lote.

Muestreo para aceptación de lotes



- **Sesgo del muestreo:**
 - Tomar una muestra de la misma localización dentro de cajas, estantes, etc.
 - Echar un vistazo al producto y seleccionar sólo aquellas piezas defectuosas o no defectuosas.
 - Ignorar las partes del lote difíciles de muestrear.

Muestreo para aceptación de lotes

- **Clasificación de los planes de muestreo:**

1. **Planes por atributos:** Un lote se acepta o se rechaza según el número de defectuosos que se presentan en el mismo.
2. **Planes por variables:** Un lote se acepta o se rechaza según el valor de la media (por ejemplo) de la característica de calidad en la muestra; la media se compara con un valor admitido que define el plan.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

■ Errores de inspección:

- En la implantación de un muestreo de aceptación se supone que el inspector sigue el plan de muestreo que debe aplicar y que la inspección se hace sin errores.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

■ Terminología:

- **Defecto:** Alejamiento de una característica de la calidad del nivel o estado deseado que se presenta con gravedad suficiente para dar un producto que no satisface los requisitos de utilización normales o razonablemente previstos.
- **Disconformidad:** Alejamiento de una característica de la calidad del nivel deseado, que se presenta con gravedad suficiente para dar un producto o servicio que no cumple con los requisitos de la especificación.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Clasificación de los defectos según su gravedad:**
 1. El muestreo sea distinto para cada clase de defecto (tamaños de muestra).
 2. Sea común el plan de muestreo. pero que el número de defectos permitidos sea diferente para cada clase, según su gravedad.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Tipos de planes de muestreo de aceptación por atributos:**
 - Planes de muestreo simple
 - Planes de muestreo doble:



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Curva Característica de Operación (Curva CO):**
 - Gráfica en la que se muestra la probabilidad de que el plan de muestreo acepte el lote en función de la fracción defectuosa de un lote, con base en la cual se observa cómo reaccionará el plan a cualquier nivel de disconformes en el lote.
 - Con la curva CO para un plan de muestreo (determinado por el valor de n y de c) se puede evaluar si este proporciona un buen grado de control sobre la calidad del lote; de no ser así entonces se busca otro plan que corresponda con las necesidades del usuario.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Probabilidad de aceptar un lote:**
 - Para calcular la probabilidad de aceptar un lote (P_a), primero se debe definir qué tipo de plan de muestreo se aplicará. Así tenemos planes de muestreo **tipo A** (planes que seleccionan piezas de lotes simples de tamaño N y que se basan en el modelo Hipergeométrico) y planes **tipo B** (planes para seleccionar piezas de una serie de lotes, se extraen muestras aleatorias de tamaño n de una población infinita, y que están fundamentados en el modelo probabilístico Binomial).



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Riesgos y parámetros de muestreo:**
 - **Riesgo del vendedor o del productor** se conoce como riesgo alfa y es la probabilidad de que un "buen" lote (de lata calidad) sea rechazado por el plan de muestreo. Se fija en 0.01, 0.05 ó 0.10.
 - **Riesgo del comprador** (empresa o quién usará un producto). También llamado riesgo beta. Es la probabilidad de que un lote "malo" o de baja calidad sea aceptado por el plan de muestreo.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Planes, esquemas y sistemas de muestreo:**
 - **Plan de muestreo:** Plan específico que establece el tamaño o tamaños de muestra a utilizar y el correspondiente criterio de aceptación o no aceptación.
 - **Esquema de muestreo:** Conjunto específico de procedimientos que, habitualmente, consisten en planes de muestreo para aceptación en los que se establecen los tamaños de los lotes, los tamaños de las muestras y los criterios de aceptación, o el alcance de la inspección y muestreo al 100%.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

■ Sistema de muestreo:

- Con el uso de un sistema de muestreo se evita el trabajo de calcular la curva CO para diferentes valores de n y c y seleccionar el que cumpla con los riesgos del comprador y del vendedor preestablecidos.
- Los sistemas de muestreo incluyen las curvas CO, con base en las cuales se selecciona el plan de muestreo que proporcione el nivel de protección que el usuario desea.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

■ Medidas de desempeño:

- Nivel de Calidad Aceptable (NCA o AQL).
- El porcentaje de Defectuosos Tolerados en el Lote (PDTL o LTPD).
- El límite de Calidad Media de Salida (LCMS o AOQL), y
- La inspección Total Promedio (ITP o ATI).



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **El Nivel de Calidad Aceptable:**

- El AQL es el nivel de calidad o porcentaje de defectuosos que, para los fines de inspección, es el límite de una medida satisfactoria del proceso. El promedio del proceso es el porcentaje promedio de defectuosos o número promedio de defectuosos por 100 unidades de producto enviado por el proveedor para la inspección original.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- La inspección original es la primera inspección de una cantidad particular de un producto. El AQL es un valor designado del porcentaje de defectuosos, para el cual los lotes serán aceptados la mayor parte de las veces por el procedimiento de muestreo utilizado. El AQL especifica un valor del nivel de calidad del productor.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Porcentaje de unidades defectuosas toleradas en el lote (PDTL):**
 - El LTPD es un valor numérico específico para el nivel de calidad del consumidor; generalmente se refiere a un punto en la curva CO en el cual el Pa es 0.10 y la mayoría de los sistemas basados en el PDTL se basan en ese valor de Pa.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **El Límite de Calidad Media de Salida (LCMS o AOQL):**
 - Se aplica sólo al muestreo en el que a los lotes rechazados se les hace una inspección al 100% para sustituir los artículos defectuosos encontrados por piezas buenas, que es lo que se denomina **inspección rectificadora.**



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **La inspección Total Promedio (ITP o ATI):**
 - Se puede graficar la ITP esperada para cualquier nivel de calidad de un lote (p) contra el valor de p y usar esta gráfica para determinar los costos asociados a la inspección rectificadora.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **El sistema de muestreo MIL - STD - 105E:**
 - El manejo de normas publicadas como ésta (entre las más comunes también está la ANSI/ASQC Z1.4), presenta la ventaja de que facilita la negociación entre vendedor y comprador. Es el más conocido de los planes de muestreo que utilizan como índice de calidad el NCA; proporciona una gran seguridad en la aceptación de los lotes cuando la proporción de defectuosos es menor o igual al NCA.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

■ Tipos de inspección:

- La MIL . STD - 105E incluye planes para muestreo de aceptación simple, doble y múltiple basados en el AQL.
- Los AQL contenidos en los planes varían de 0.01% hasta 10% (para el conteo de disconformes) y de arriba del 10% hasta 1000% (para el conteo de disconformes en 100 unidades).



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- Dado un AQL el sistema proporciona varios planes de muestreo con el fin de motivar al proveedor en función de la calidad del producto que envía; así, es posible aplicar tres tipos de inspección para cada uno de los tres tipos de muestreo señalados líneas arriba: *normal, estricta y reducida*.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **La inspección normal** se utiliza al inicio del proceso de inspección y continúa aplicándose durante el tiempo que el vendedor esté produciendo aparentemente piezas con el NCA o mejores.
- **La inspección estricta** se aplica cuando hay evidencia de que la calidad del producto se ha deteriorado, lo cual forzaría al productor a enviar productos que sean tan buenos o mejores que el NCA.
- Si la historia reciente de la calidad de un producto ha sido excepcionalmente buena, se puede adoptar **la inspección reducida**, con lo cual se obtiene una reducción de costos de inspección al revisarse una muestra más pequeña.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

■ Reglas para el cambio de tipos de inspección:

- De normal a estricta. Si se realiza una inspección normal, se establece la inspección estricta cuando dos de cinco lotes consecutivos se han rechazado en la inspección original.
- De estricta a normal. Cuando se ha estado aplicando una inspección estricta, la inspección normal se establece si se han presentado cinco lotes aceptables consecutivos en la inspección original.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- De normal a reducida. Se puede pasar de la aplicación de una inspección normal a una reducida si se satisfacen **las siguientes cuatro condiciones:**
 1. A los diez lotes anteriores se les ha aplicado inspección normal y ninguno ha sido rechazado en la inspección original.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

2. El número total de defectuosos en las muestras de los diez lotes anteriores es menor o igual al número límite.
3. Si la autoridad responsable lo aprueba.
4. Si la producción está en fase estable.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- De reducida a normal. Se puede pasar de la inspección reducida a la normal **si ocurre alguna** de las siguientes situaciones en la inspección original:
 1. Se rechaza un lote.
 2. Se acepta un lote al que se aplicó inspección reducida, pero el número de defectuosos encontrado es mayor que el número de aceptación y menor que el número de rechazo.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

3. La producción ha venido a menos o ha sido irregular.
4. Otras condiciones que propicien el establecimiento de la inspección normal.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Los niveles de inspección:**

- En la MIL - STD - 105E, el tamaño de muestra se determina con base en el tamaño del lote, el tipo de inspección y el nivel de inspección; existen tres niveles de inspección generales para cada uno de los tipos ya mencionados anteriormente: el I, el II y el III.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- Al nivel II le corresponde una inspección normal y es el que generalmente se usa. El nivel I se usa cuando se permite una menor discriminación en el proceso de muestreo y requiere cerca de la mitad de la cantidad a inspeccionar del nivel II.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- El nivel III se adopta cuando se requiere una mayor discriminación y usualmente requiere dos veces la cantidad a inspeccionar del nivel II.
- El nivel de inspección se establece en un contrato o por la autoridad responsable.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- Los niveles especiales S-1, S-2, S-3 y S-4 se usan cuando se requiere tamaños de muestra pequeños (se involucran pruebas destructivas o muy caras) y pueden o deben tolerarse grandes riesgos en el muestreo (menor poder discriminatorio).



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Operación del sistema de muestreo MIL - STD - 105E:**
 1. Seleccionar los planes apropiados de las tablas publicadas en el estándar.
 2. Usar las reglas de cambio del nivel de inspección, cuando la calidad del lote cambia.



Planes de muestreo de aceptación por atributos

- **Procedimiento para el uso estándar:**
 1. Determinar el NCA aceptable (basado en un acuerdo entre el productor y el cliente)
 2. Decidir el nivel de inspección a usar.
 3. Determinar el tamaño del lote.
 4. Usar la tabla de Letras de Código del Tamaño de Muestra para seleccionar la letra código apropiada (anexo).



Planes de muestreo de aceptación por atributos

5. Decidir el tipo de procedimiento de muestreo: simple, doble o múltiple.
6. Usar la tabla correspondiente al procedimiento de muestreo seleccionado y al nivel de inspección para encontrar el tamaño de muestra y los números de rechazo y aceptación para el plan.
7. Empiece usando el plan seleccionado y lleve un registro de las aceptaciones y rechazos para que pueda aplicar las reglas de cambio.