

Gestión de Operaciones

Tema 6. Inspección y control de calidad



Raquel Gómez López
M^a Concepción López Fernández
Ana M^a Serrano Bedia
Gema García Piqueres
Adela Sánchez Santos
Alberto García Cerro

Departamento de Administración de Empresas

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Control Tradicional de la Calidad (inspección a posteriori): Limitaciones (1/2)

- La inspección es una actividad sin valor añadido que incrementa los costes de producción.
- El circuito de información-corrección que va desde la detección del problema hasta el ajuste del proceso consume tiempo, durante el cual se siguen fabricando productos y piezas defectuosas.
- Este planteamiento fomenta la idea de que la calidad depende de la inspección y no del proceso de fabricación.
- La inspección no aporta información acerca de los problemas de calidad del producto, o de cómo es utilizado por el cliente.

Control Tradicional de la Calidad (inspección a posteriori): Limitaciones (2/2)

- Un nivel mínimo de calidad puede resultar insuficiente para una empresa que fabrique productos de alto valor añadido.
- La inspección puede revelar la presencia de defectos, pero nunca se puede garantizar la eliminación al cien por cien de las unidades defectuosas.
- Los productos ajustados o corregidos son más propensos a dañarse.
- Los criterios de evaluación a la hora de llevar a cabo la inspección deben estar perfectamente establecidos para evitar diferencias en función de la persona encargada de aplicarlos. La inspección rutinaria puede hacerse poco fiable debido al aburrimiento y la fatiga.

Control Preventivo: Vías

1. AUTOINSPECCIÓN:

- El trabajador inspecciona cada una de las piezas que procesa.
- **Inconvenientes:**
 - El trabajador puede aceptar unidades que deberían rechazarse.
 - El trabajador puede cometer errores de inspección no intencionados.

Control Preventivo: Vías

2. INSPECCIÓN SUCESIVA:

- El trabajador es el único responsable de la calidad del producto en su área de actividad.
- Si una pieza que no cumple con las especificaciones previstas pasa a la siguiente operación, el trabajador que la recibe debe comunicar al que le suministra la pieza la existencia del defecto.
- **Principios:**
 - Inspecciones al 100%.
 - La información del defecto se dirige al operario en cuya área se originó el defecto, quien adopta la acción o acciones correctivas necesarias.
 - Como resultado el proceso deja de producir productos defectuosos.

Control Preventivo: Vías

3. CONTROL EN LA FUENTE:

- Descubrir las causas últimas que originan los defectos para inmediatamente efectuar las acciones correctivas necesarias que eviten su repetición.

Herramientas para el Control del Proceso

- **Siete herramientas para el control de la calidad del proceso (Ishikawa):**
 - Hojas de recogida de datos.
 - Histogramas.
 - Estratificación de datos.
 - Diagramas de Pareto.
 - Diagramas causa-efecto.
 - Análisis de correlaciones.
 - Diagramas control.

Hojas de Recogida de Datos (1/3)

1. Hoja de inspección/verificación de artículos defectuosos:

PRODUCTO: Tapa de Gasolina							
PROVEEDOR: XXXXX S.A.							
FECHA: 09.11.94							
Nº de LOTE:		L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	Total por CAUSA
CAUSA DEL RECHAZO	GRIETAS	III	II	III	III	I	13
	POROS	II	0	I	I	I	5
	DIMENSIONES	0	II	II	0	I	5
	RASPADURAS	III	0	I	III	II	9
	OTROS	I	I	0	I	II	5
Totales por Lote		9	5	8	8	7	TOTAL RECHAZOS 37

Hojas de Recogida de Datos (2/3)

2. Hoja de posición de defectos:

Observaciones:

Fecha:

Tipo de producto:

.....

3. Hoja de distribución del proceso:

Producto:		Fecha:											
Uso:		Sección:											
Especificación:		Nombre empleado:											
Nº total:		Observaciones:											
Nº lote:		Hoja de verificación nº:											
Dimensiones	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
25													
20						/	////	//		/			
15				///		////	////	////	//	////			
10			/	////	////	////	////	////	////	////			
5	/	//	////	////	////	////	////	////	////	////	///	////	
0													//
Frecuencia total	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	8	5	2

Hojas de Recogida de Datos (3/3)

4. Hoja de factores defectuosos:

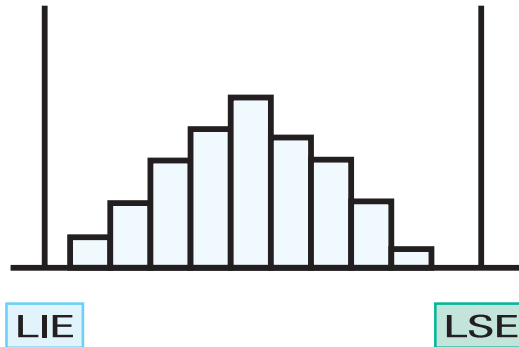
Producto: Nombre del proceso:		Inspector:											
Equipo	Trabajador	5/3 L		6/3 M		7/3 MI		8/3 J		9/3 V		Total	
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T		
Máquina 1	A	††† ∞ ±	† • ±±	†† ° ±±±	†††	† ∞ ±	†† °	†††† †† ±±	†† ∞ ±±±	† ° ±	• ∞ ±±	53	110
	B	†††† ° ±	††† ∞ ±±	† ∞∞∞∞ ±	† ° ±±	†† ° ±±	††† ∞ ±±	†††† ° ±±	† ∞ ±	† ∞ ±±	††† ° ±±	57	
Máquina 2	A	† ° ±±	†† ±±±	†††† ∞ ±	† ° ±	†† ° ±±	†††† ∞ ±±	††† ° ±±±	†† ° ±	†† ∞ ±±	∞ ∞ ±±	47	107
	B	† ∞∞	†† ∞∞∞∞ ±±	†† ° ±±	†††† ° ±±	† ∞ ±±	† ° ±	†††† ∞ ±±	†† ° ±	†† ° ±±	† ∞ ±	60	
Total		22	28	24	17	18	22	31	22	17	16	217	
		50		41		40		53		33			

Símbolos: † = roturas ° = rasguños ± = porosidad

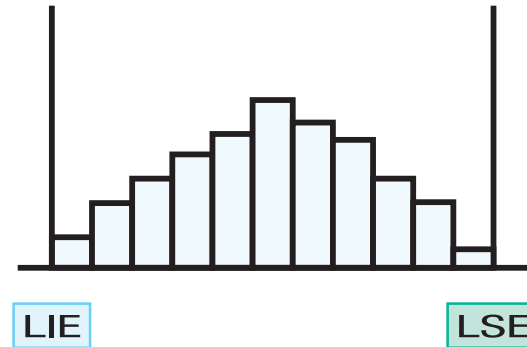
Histogramas

- Gráficos representativos de la distribución de datos obtenidos en la realidad. Permiten ver de inmediato con que frecuencia se dan determinadas características. En calidad se utiliza para visualizar el comportamiento del proceso respecto a determinados límites.
- **Pasos para su elaboración:**
 1. Tomar un número n de medidas sobre la característica que queremos controlar (50-100).
 2. Especificar límites máximo y mínimo.
 3. Determinar la amplitud de cada sección o categoría de datos.
 4. Determinar el valor límite de cada una de ellas.
 5. Asignar los datos a cada sección. Permite obtener la tabla de frecuencias.

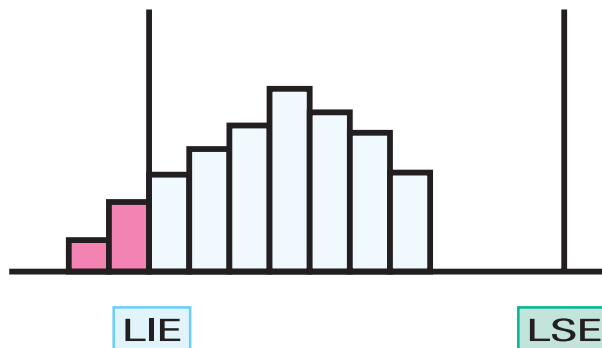
Histogramas de Procesos: formas que pueden tomar en relación con las especificaciones (1/2)



Comportamiento dentro de las especificaciones.

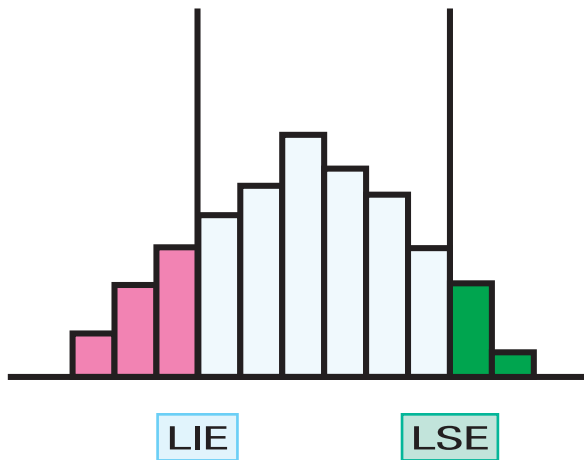


Comportamiento dentro de las especificaciones pero cercano a la tolerancia. Necesario reducir dispersión.

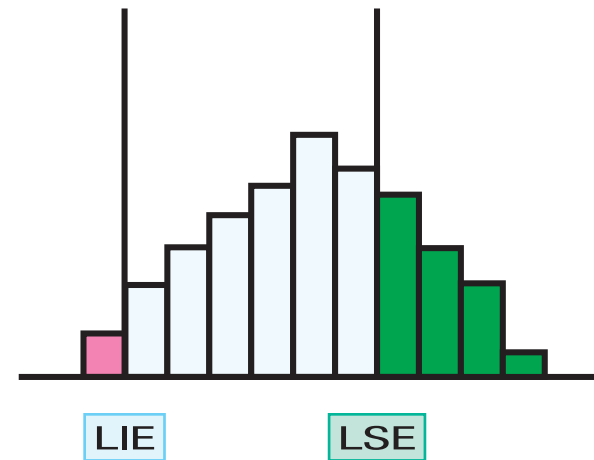


Proceso descentrado. Es necesario centrarlo con respecto a las especificaciones.

Histogramas de Procesos: formas que pueden tomar en relación con las especificaciones (2/2)



Dispersión con una amplitud mayor que la permitida por las especificaciones. Es necesario reducir la dispersión.



Proceso descentrado y con una dispersión cuya amplitud es mayor que la permitida por las especificaciones. Es necesario centrar y reducir la dispersión.

Ejercicio 1: Histograma

- Se ha medido, en milímetros, el diámetro de un taladro, produciéndose los resultados que aparecen recogidos en la siguiente tabla. El valor especificado es de $10,5 \pm 0,2$ mm. Se desea construir el histograma correspondiente a estos datos.

Mediciones de diámetros

10,44	10,55	10,52	10,53	10,52	10,53	10,50	10,53	10,50	10,49
10,50	10,51	10,43	10,61	10,56	10,48	10,57	10,56	10,51	10,55
10,45	10,47	10,44	10,48	10,53	10,56	10,48	10,60	10,40	10,51
10,44	10,45	10,46	10,40	10,58	10,55	10,45	10,66	10,52	10,56
10,52	10,42	10,50	10,48	10,66	10,58	10,50	10,55	10,52	10,49
10,64	10,53	10,45	10,45	10,56	10,56	10,47	10,51	10,54	10,62
10,53	10,52	10,46	10,50	10,50	10,43	10,53	10,63	10,46	10,50
10,60	10,56	10,61	10,45	10,49	10,43	10,56	10,62	10,49	10,60
10,52	10,59	10,48	10,53	10,51	10,42	10,52	10,59	10,45	10,61
10,51	10,60	10,55	10,47	10,64	10,51	10,47	10,61	10,46	10,62

Estratificación de Datos (1/4)

- **ESTRATIFICACIÓN**: Herramienta estadística que clasifica los datos en grupos con características semejantes:
 - A cada grupo se le llama estrato.
 - La clasificación se hace con el fin de identificar la influencia de determinados factores o variables en el resultado de un proceso.
 - La forma más común de presentar la estratificación es el histograma.

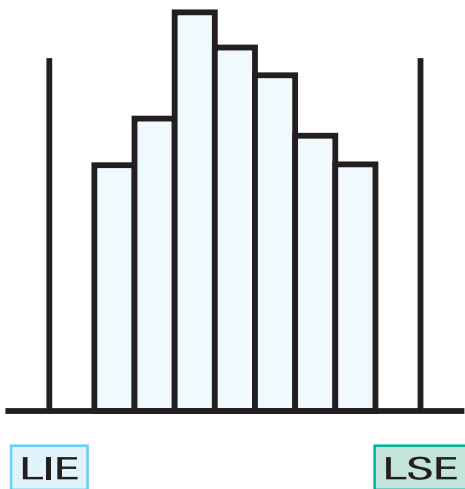
Estratificación de Datos (2/4)

1. Por material	Fabricante, comprador, marca, lugar de producción, fecha de compra, lote de recepción, lote de producción, componentes, pureza, tamaño, piezas, tiempo de almacenaje, etc.
2. Por Máquina, equipo o herramienta	Tipo de máquina, número, modelo, rendimiento y edad, fábrica, línea, herramienta, tamaño, molde, etc.
3. Por operario	Individuo, grupo, edad, experiencia, sexo, etc.
4. Por procedimientos operación y condiciones operativas	Temperatura, presión, velocidad, frecuencia rotacional, velocidad de la línea, localización de operación, iluminación, temperatura del aire, humedad, estado del tiempo, procedimiento de operación, etc.
5. Por medición e inspección	Instrumento, procedimiento de medición, lugar de medición, persona que hace la medición, herramientas de inspección, procedimiento de inspección, lugar de inspección, etc.
6. Por tiempo	Tiempo, mañana, tarde, principio de noche; noche, día semana, mes periodo, estación, etc; justo antes de empezar y justo al acabar la operación.
7. Por entorno y tiempo	Temperatura, humedad, tiempo nublado, soleado, lluvioso, ventoso, nevado, etc.
8. Otros	Producto nuevo vs viejo, producto unitario vs producto construido continuamente, producto bueno vs defectuoso, método de empaquetado, de transporte, etc

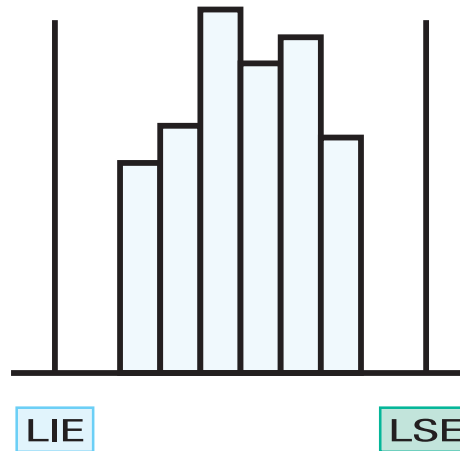
Estratificación de Datos (3/4)

EJEMPLO: Identificar la causa del diferente rendimiento de los operarios de una fábrica.

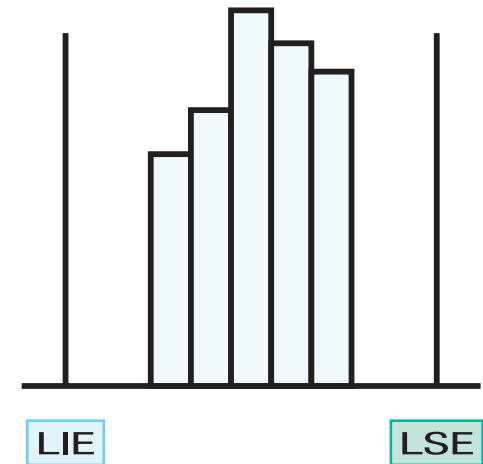
Se sospecha que la causa puede estar relacionada con el grado de experiencia de los trabajadores: *estratificación en razón de los años de antigüedad.*



Operarios con menos de dos años de antigüedad

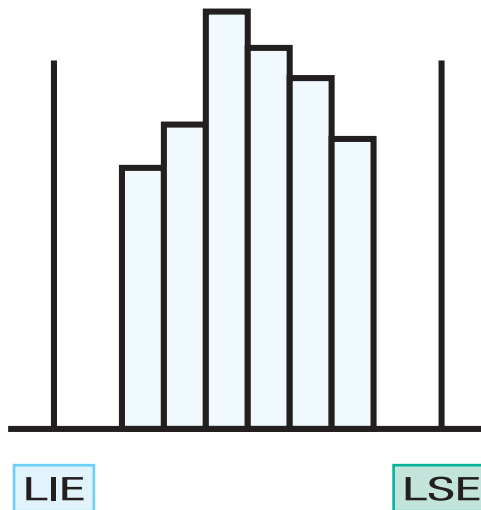


Operarios entre dos y cinco años de antigüedad



Operarios entre cinco y diez años de antigüedad

Estratificación de Datos (4/4)



Operarios con más de diez años de antigüedad

1. Mediciones dentro de los límites de especificación y sin tendencia a salirse de ellos: operarios entre 2-5 años experiencia y operarios entre 5-10 años experiencia.
2. Mediciones dentro de los límites pero cerca de ellos: operarios con mas de 10 años de antigüedad. Hay que tomar precauciones.
3. Mediciones fuera de especificación: operarios con menos de 2 años de antigüedad.



Esta forma de estratificación nos ha permitido identificar la relación que existe entre la variable años de experiencia en el trabajo y el resultado medido como el rendimiento en el trabajo.

Diagrama de Pareto (1/3)

- Herramienta de análisis sencilla pero poderosa.
- Se basa en el principio de Pareto: Wilfredo Pareto economista italiano que a finales de 1800 realizó un estudio sobre la pobreza.



20% de las personas controlaban 80% riqueza en Italia.



Este principio afirma: «la vital influencia de unos pocos factores en comparación con la poca importancia que tiene la mayoría de ellos».



Con este principio se puede saber a donde hay que dirigir esfuerzos para obtener mejores resultados.

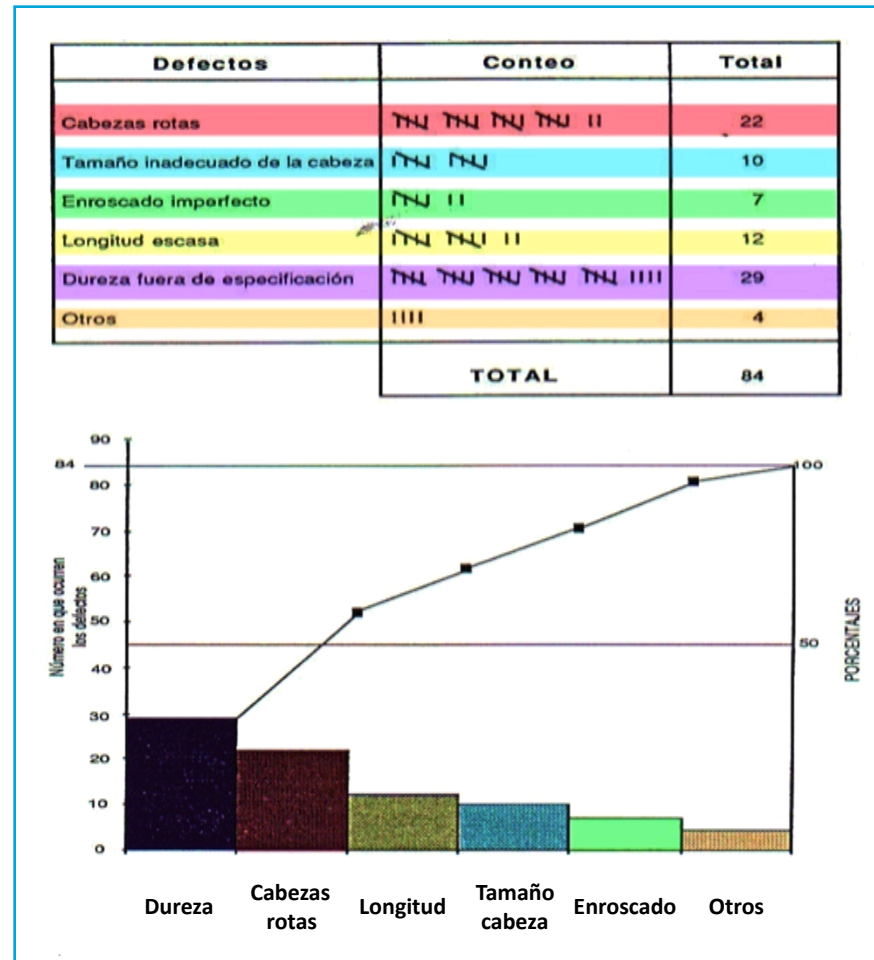
Diagrama de Pareto (2/3)

- Pareto observó otras distribuciones similares en sus estudio.
- A principios de los años 50, Juran descubre la evidencia de la regla 20-80 para gran variedad de situaciones: el fenómeno parece existir sin excepción en problemas relacionados con la calidad.
- Pretende estudiar el efecto de determinados elementos sobre un aspecto y permite clasificar los datos/errores en base a su importancia.
- Gráfico de barras similar al histograma, con una curva que representa en forma decreciente el grado de importancia de distintos factores sobre un proceso.

Diagrama de Pareto (3/3)

• Se desarrolla en tres etapas:

1. Recogida de datos.
2. Clasificación de datos: se clasifican las categorías en orden decreciente (número de defectos acumulado frecuencia relativa).
3. Construcción del gráfico: cifras sobre diagrama de columnas y curva acumulativa.



Ejercicio 2: Diagrama de Pareto

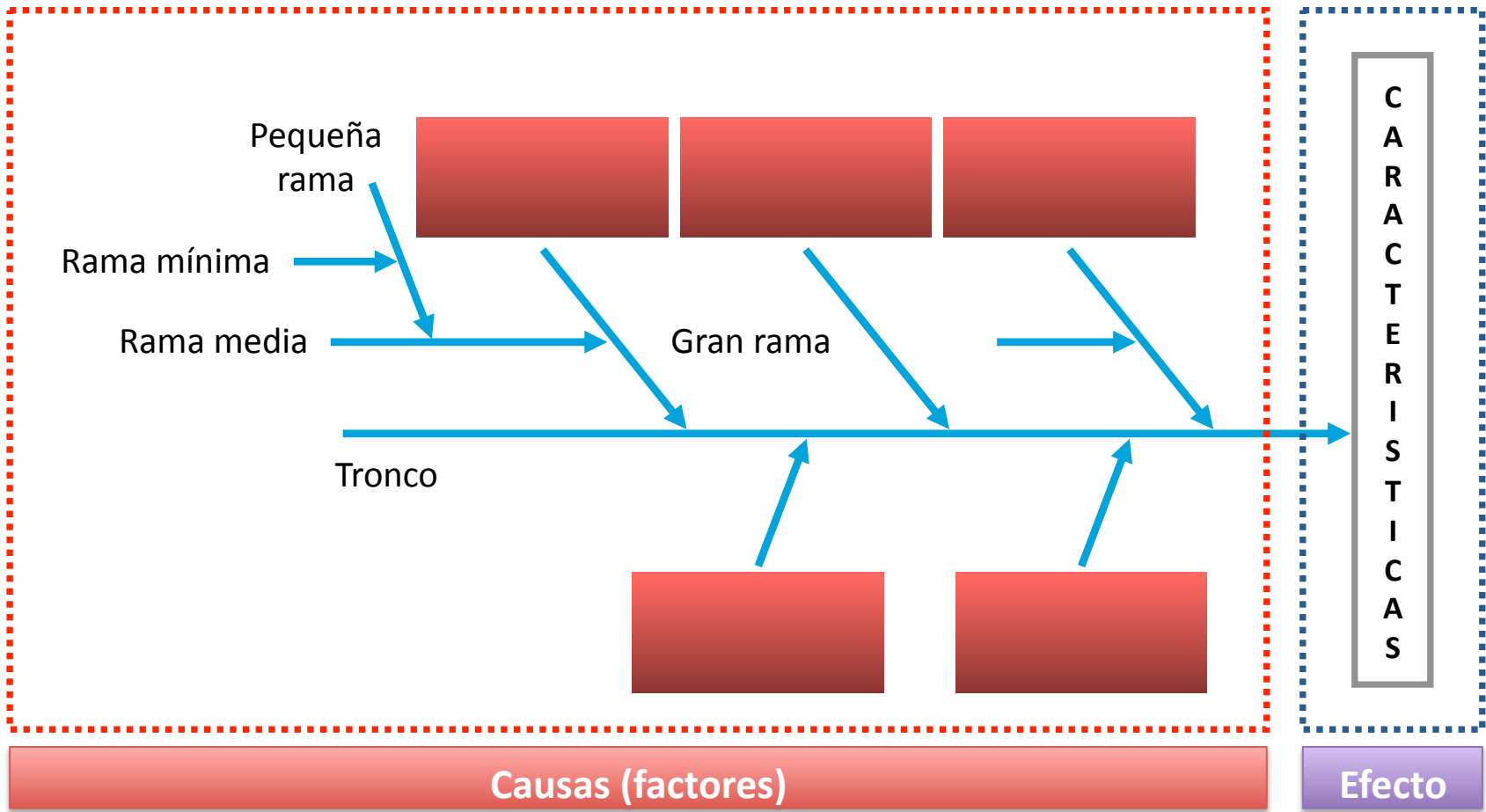
- Una fábrica de cerámica desea investigar el tipo de defectos que presentan los artículos defectuosos que se generan, para lo cual ha efectuado el recuento de dichos artículos, agrupándolos por el tipo de defecto que presentan –información que aparece recogida en la siguiente tabla–. A partir de dichos datos, construir el diagrama de Pareto correspondiente a los mismos y comentar los resultados obtenidos.

Tipo de defecto	Número de defectos
A Fractura	8
B Rayado	36
C Mancha	6
D Tensión	94
E Irregularidad	4
F Burbuja	12
G Otros	3
Total	163

Diagramas Causa-Efecto (1/5)

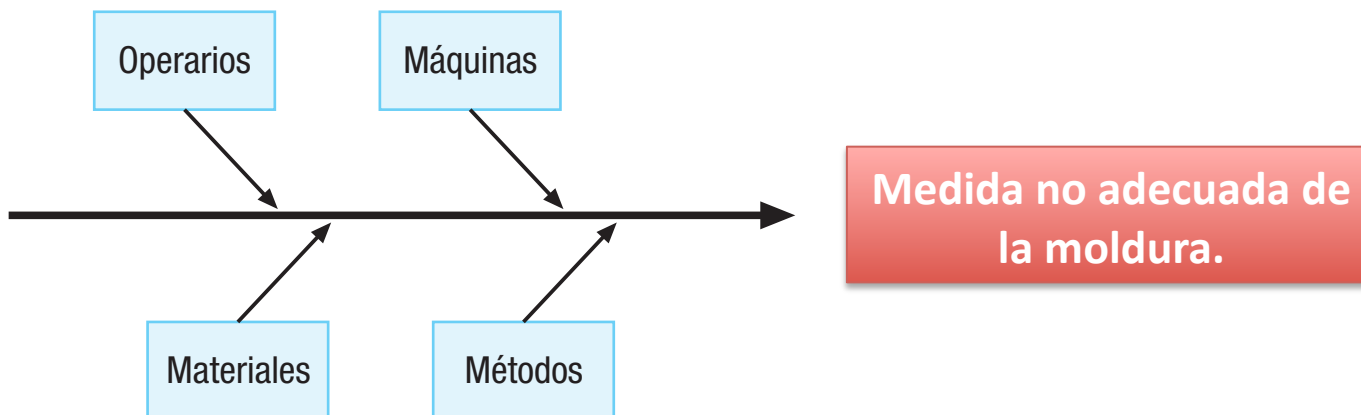
- Principal finalidad: expresar en forma gráfica el conjunto de factores causales que intervienen en una determinada característica de calidad.
- Una vez identificados los factores se estudia cual es el responsable del defecto que desea corregir.
- Etapas para su construcción:
 1. Definir la variable de calidad.
 2. Escribir sobre un recuadro la característica a examinar y trazar una larga flecha horizontal que termine en el cuadro.
 3. Escribir los principales factores que pueden causar la característica y trazar una flecha en dirección a la principal (mano de obra, maquinaria, material y métodos de operación).
 4. Sobre cada rama de la flecha describir los factores que se pueden considerar como sus causas (brainstorming). Repetir el procedimiento para las subramas y así sucesivamente.

Diagramas Causa-Efecto (2/5)



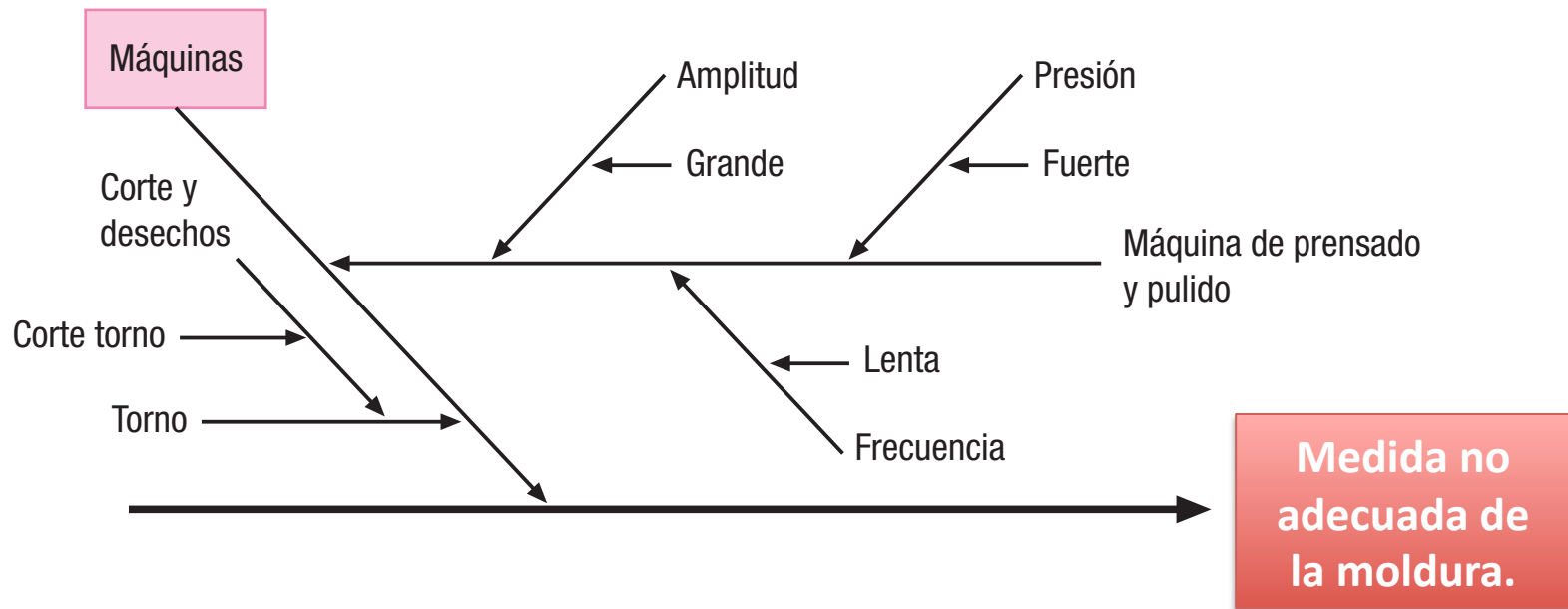
Diagramas Causa-Efecto (3/5)

CLASIFICACIÓN DE FACTORES (MÉTODOS DE EXPANSIÓN DE GRANDES RAMAS)



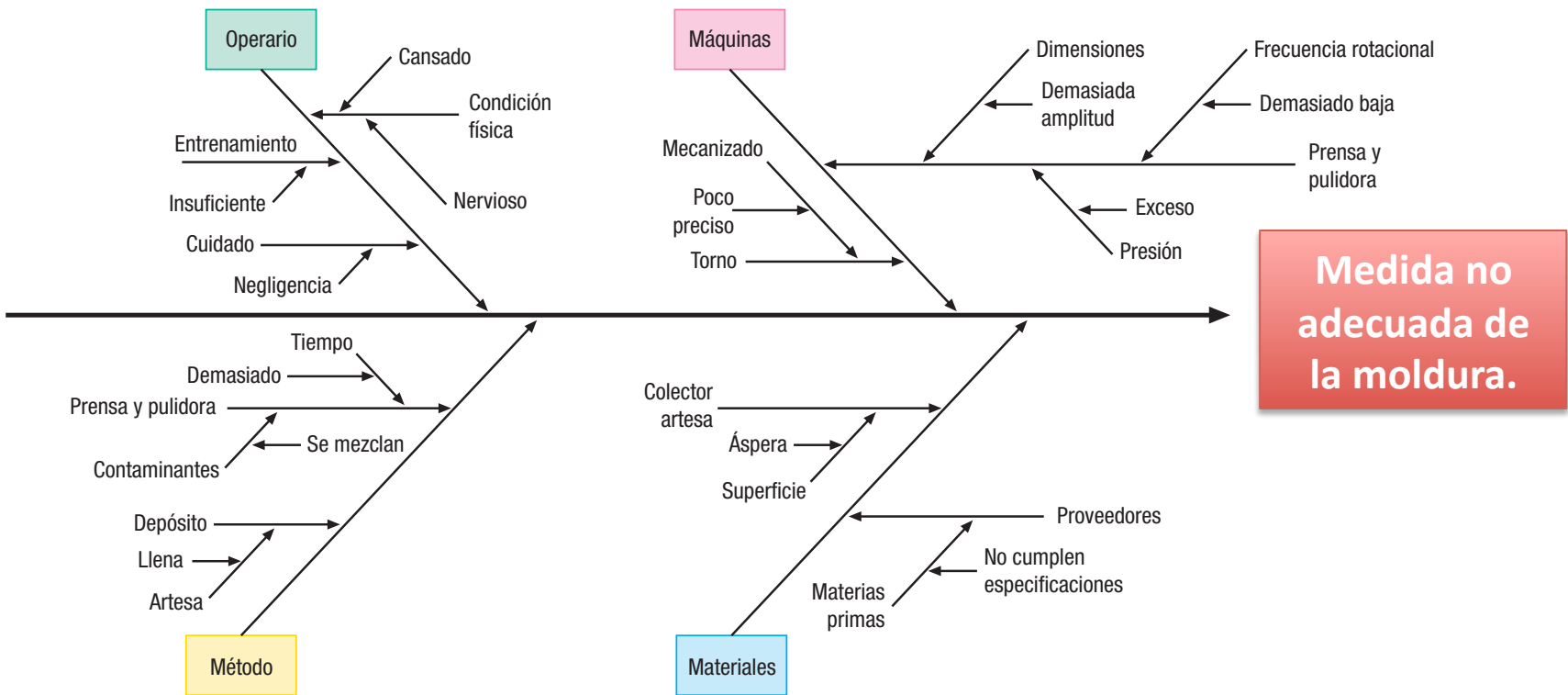
Diagramas Causa-Efecto (4/5)

EXPLICACIÓN DE LA CAUSA (MÉTODOS DE EXPANSIÓN DE GRANDES RAMAS)



Diagramas Causa-Efecto (5/5)

**DIAGRAMA CAUSA-EFECTO: MEDIDA NO ADECUADA DE LA MOLDURA
(los cristales no se ajustan bien a la moldura)**

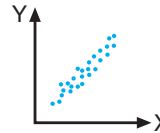


Diagramas de Correlación (1/2)

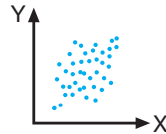
- Investiga si existe reciprocidad entre dos características de un proceso.
- En cada realización del proceso se miden los valores X e Y de ambas características, los cuales definen un punto en el plano.
- Tras una serie de medidas se tiene una nube de puntos cuya estructura muestra si existe o no correlación entre las variables y si ésta es positiva o negativa.

Diagramas de Correlación (2/2)

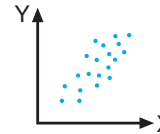
Fuerte correlación positiva.



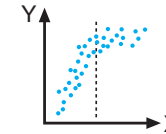
Después de estratificar los datos aparece cierto grado de correlación positiva.



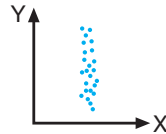
Correlación positiva.



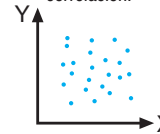
Relación en línea curvada: el lado izquierdo del rango tiene correlación positiva.



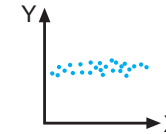
Y cambia pero X permanece constante (no correlación).



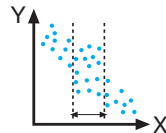
No correlación.



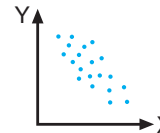
X cambia pero Y permanece constante (no correlación).



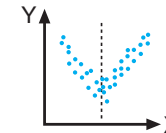
No correlación dentro de un cierto rango, pero se da correlación negativa fuera de ese rango.



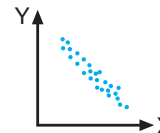
Correlación negativa.



Relación en línea curva (correlación negativa a la izquierda y correlación positiva a la derecha).



Fuerte correlación negativa.



Gráficos de Control

Comparación de una característica de la calidad actual del producto con los límites de la calidad extraídos de experiencias anteriores.

- Una de las primeras aportaciones derivadas del control de calidad, desarrollada por W. Shewart en los laboratorios de Bell Telephone (1942).
- Se basa en dos suposiciones:
 1. Variabilidad en las características de fabricación.
 2. Los procesos no se encuentran en estado de control.

CLAVE



Controlar el proceso

Gráficos de Control

- **TIPOS DE GRÁFICOS DE CONTROL:**

1. Control para medir: cuando se aplica a una magnitud medible (gráficos de control de medida). Gráficos media-rango y gráficos pre-control.
2. Control por atributo: cuando se aplica a variables que no pueden tomar más de dos valores (gráficos de control de atributos).

- **FORMA DE ACTUACIÓN:** se toman medidas de calidad periódicas de una pequeña muestra de producción y se hace un promedio de dichas lecturas. Si éstas se encuentran dentro de los límites establecidos el proceso está bajo control (variaciones inherentes al proceso) y si está fuera de dicho límites se trata de una variación especial (variaciones especiales).

Gráficos de Control

• DESARROLLO DE LA TÉCNICA:

1. Determinar el proceso que se va a analizar y la muestra que se va a utilizar.
2. Recoger los datos. Unos 100 datos divididos en 20 o 25 grupos y registrarlos en una hoja de datos.
3. Calcular los promedios para cada subgrupo (de tamaño n).
4. Calcular \bar{x} dividiendo el total de los x de cada grupo por el número de subgrupos K .
5. Calcular el rango de cada subgrupo R (valor máximo en un subgrupo-valor mínimo en un subgrupo).
6. Calcular el promedio del rango R , dividiendo el total de los R de cada subgrupo por el número de grupos k .

Gráficos de Control

- **DESARROLLO DE LA TÉCNICA:**

- 7. Cálculo de las gráficas de control.

Gráfico de \bar{X} :

Línea central	$LC = \bar{\bar{X}}$
Línea de control superior	$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$
Línea de control inferior	$LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$

Gráfico de R:

Línea central	$LC = \bar{R}$
Línea de control superior	$LCS = D_4 \cdot \bar{R}$
Línea de control inferior	$LCI = D_3 \cdot \bar{R}$

Gráficos de Control

- A_2 , D_3 , D_4 son constantes basadas en n (tamaño de los subgrupos) de acuerdo con los valores de esta tabla:

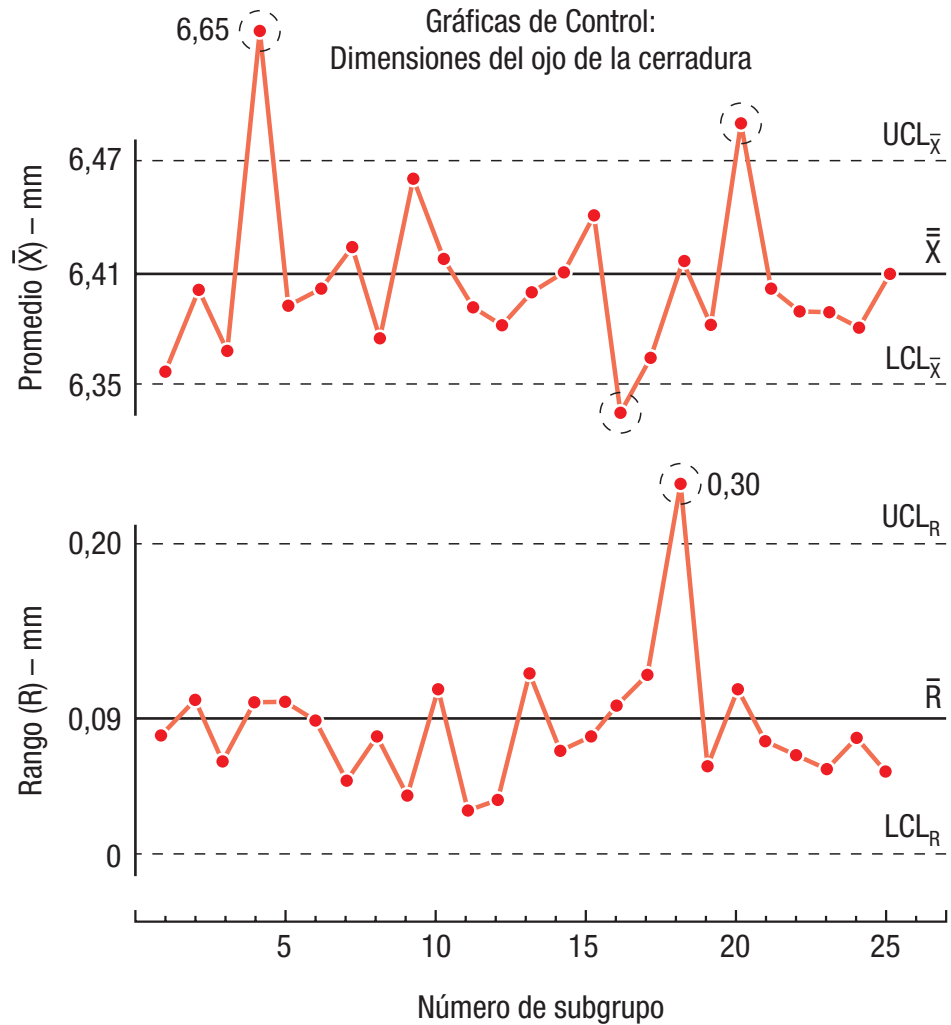
n	A_2	D_3	D_4
2	1,88	0	3,27
3	1,02	0	2,57
4	0,73	0	2,28
5	0,58	0	2,11
6	0,48	0	2,00
7	0,42	0,08	1,92
8	0,37	0,14	1,86
9	0,34	0,18	1,82
10	0,31	0,22	1,78

Gráficos de Control

- **DESARROLLO DE LA TÉCNICA:**

8. Dibujar las líneas de control.
9. Registrar los valores de promedio de \bar{x} y R de cada subgrupo sobre la misma línea vertical en el orden del número del subgrupo.
10. Registrar en el gráfico los datos que puedan ser de utilidad para el posterior análisis de la misma.

Gráficos de Control



Análisis de la Precisión de un Proceso (1/2)

- **Imposibilidad de fabricar items con idénticas características de calidad:** definición de la medida deseada o cota nominal y un cierto intervalo dentro del cual se considera que el producto es aceptable.
- **Campo de tolerancias:** límite de tolerancia superior (LTS) y límite de tolerancia inferior (LTI).
- **Campo de variación:** límite de variación superior (LVS) y límite de variación inferior (LVI). El campo de variación de las medidas tomadas debe ser inferior al de tolerancias y estar comprendido en éste ($LTS > LVS > LVI > LTI$).
- **A menor campo de variación más precisión en el proceso:**

$$\text{Índice Relativo de Precisión del Proceso (IRP)} = \frac{LTS-LTI}{R'}$$

Análisis de la Precisión de un Proceso (2/2)

- En un función del tamaño de la muestra, el índice de precisión nos permitirá clasificar la precisión como alta, media o baja.

n	Precisión		
	Baja	Media	Alta
2	< 6,0	6,0 / 7,0	> 7,0
3	< 4,0	4,0 / 5,0	> 5,0
4	< 3,0	3,0 / 4,0	> 4,0
5 ó 6	< 2,0	2,5 / 3,5	> 3,5

Muestreo de Aceptación de Lotes por Atributos (1/2)

Consiste en evaluar una parte de la producción contenida en un lote –la muestra– a fin de aceptar o rechazar todo el lote, considerándolo conforme o no con la especificación de calidad.

- Los lotes defectuosos se devuelven al proveedor o departamento responsable los lotes rechazados para que se inspeccione el 100% del lote y se reelaboren los productos defectuosos.
- Ventajas respecto a la inspección del 100%:
 1. Más barato.
 2. Menos personal.
 3. El rechazo de lotes completos supone una motivación para el proveedor.

Muestreo de Aceptación de Lotes por Atributos (1/2)

- Inconvenientes:
 1. Riesgo de aceptar lotes defectuosos y rechazar lotes aceptables.
 2. Necesidad de cálculos y documentación específicos.
- Acuerdo entre consumidor y productor (2 niveles de calidad): por una parte el fabricante no quiere que le devuelvan los lotes con fracción defectuosa menor que el Nivel Aceptable de Calidad (NAC), y el consumidor no está dispuesto a aceptar lotes con fracción de defectos superior a un límite denominado Nivel Tolerable de Defectuosos (NTD).

Riesgo del consumidor = β .

Riesgo del fabricante = α .

Establecidos α , β , NAC y NTD se puede definir perfectamente el plan de muestreo a partir de la información suministrada por unas tablas que nos facilitan su construcción.