

Gestión de Operaciones

Tema 6. Inspección y control de calidad



Ana María Serrano Bedia
Gema García Piqueres
Marta Pérez Pérez

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/)

Índice

- 6.1.** Control de calidad: vías para el control preventivo.
- 6.2.** Herramientas para el control del proceso:
 - 6.2.1.** Hojas de recogida de datos.
 - 6.2.2.** Histogramas.
 - 6.2.3.** Estratificación de datos.
 - 6.2.4.** Diagrama de Pareto.
 - 6.2.5.** Diagramas causa-efecto, espina de pescado o Ishikawa.
 - 6.2.6.** Diagramas de correlación.
 - 6.2.7.** Gráficos de control.
- 6.3.** Análisis de la precisión de un proceso.
- 6.4.** Planes de muestreo.

6.1. Control de calidad

- Frente a la gestión tradicional de la calidad, centrada en la inspección del producto final, con el control de calidad se comienza a hablar de gestión de calidad a partir de los datos obtenidos en el proceso.
- Enfoque preventivo, con la búsqueda ex ante de no conformidades, para evitar las limitaciones del control tradicional.
- Métodos: control preventivo y utilización de métodos estadísticos.

6.1. 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.

6.1. 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.

3. CONTROL EN LA FUENTE:

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

6.2. Herramientas para el control del proceso

Herramienta	Función
Hoja de recogida de datos	Recoger información.
Diagrama de Pareto	Fijar prioridades.
Histograma	Interpretar datos.
Estratificación	Interpretar datos en grupos homogéneos (estratos).
Gráfico de control	Determinar si un proceso está bajo control o no.
Diagrama de correlación	Determinar correlaciones.
Diagrama causa-efecto	Estudiar las relaciones causa efecto.

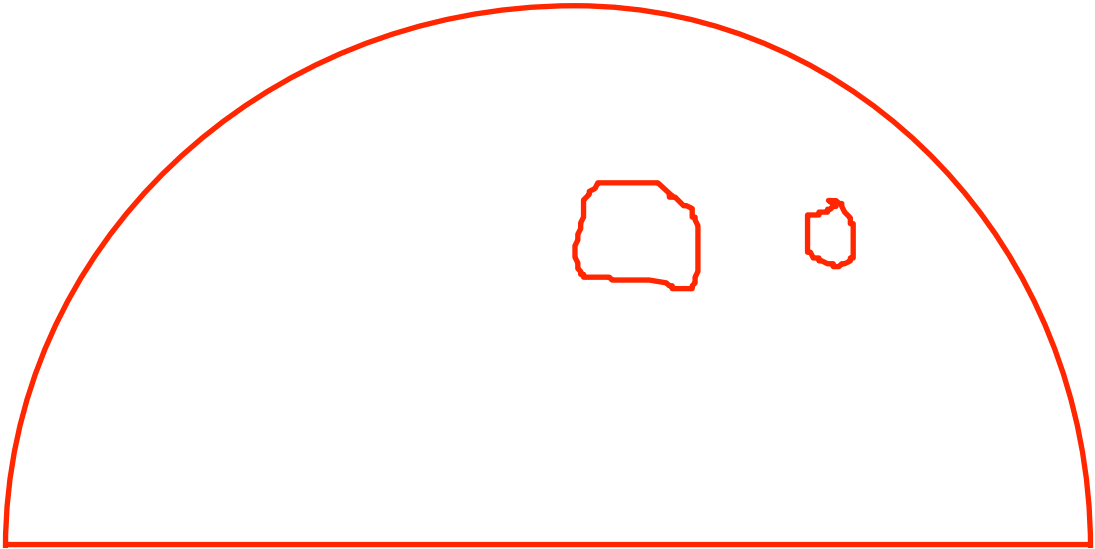
6.2.1. Hojas de recogida de datos (I)

1. Hoja de inspección/verificación de productos defectuosos

Defecto	Mes: julio			
	Turno: 1	Turno: 2	Turno: 3	TOTAL
Tamaño incorrecto	/////	/////	///// ///	18
Forma incorrecta	/	///	///	7
Profundidad incorrecta	/////	//	/////	12
Peso incorrecto	///// ///// //	///// /////	///// ///// //	34
Rugosidad incorrecta	///// /	///// //	///// ///	21
TOTAL	29	27	36	92

6.2.1. Hojas de recogida de datos (II)

2. Hoja de posición de defectos



Fecha:

Observaciones:

Tipo de producto:

.....
.....
.....

6.2.1. Hojas de recogida de datos (II)

3. Hoja de distribución del proceso

Producto: Uso: Especificación: N ^o total: N ^o lote:														Fecha: Sección: Nombre empleado: Observaciones: Hoja de verificación n ^o :
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	

6.2.1. Hojas de recogida de datos (III)

4. Hoja de factores defectuosos

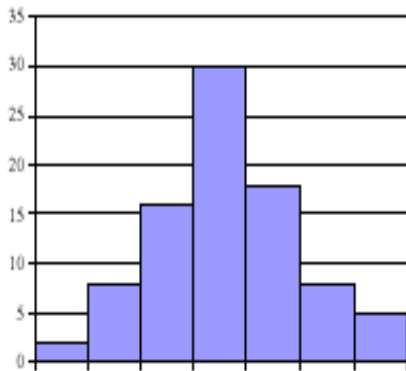
Diligenciado por	Juan Fernando Orozco		Total por tipo de reparación	
Fecha	12 de Julio de 2016		○	15
Lugar	Salón de reparaciones		⊕	10
Proceso	Reparación de equipos		⊗	5
Hoja #	3 de 6		△	9
Técnico / Semana	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Total de reparaciones
Técnico 1	⊕ ⊕ △ ○ ○	⊗ △ △ ○ ⊕	⊗ △ ⊕ ○	14
Técnico 2	○ △ ⊗ △	○ △ △	⊗ ○	9
Técnico 3	○ ○ ⊕ ⊕ ○	⊗ ○ ⊕ ○ ⊕ △	○ ⊕ ⊕ ○ ○	16
Total reparaciones	14	14	11	39

Fuente: [Ingenio Empresa](#).

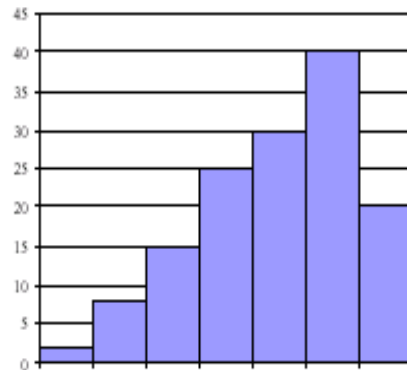
6.2.2. Histogramas

- 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 (Camisón, Cruz y González, 2007):**
 1. Tomar un número n de medidas sobre la característica que queremos controlar (50-100).
 2. Identificar los valores máximo y mínimo y calcular el rango, R , es decir la dimensión del intervalo existente entre esos dos valores.
 3. Determinar N , el número de barras a representar (raíz cuadrada de n , redondeando a un número entero).
 4. Determinar la anchura de las barras, A (dividiendo el rango entre el número de barras).
 5. Determinar los límites de cada barra, calculando la frecuencia. Asignar los datos a cada sección. Permite obtener la tabla de frecuencias.
 6. Dibujar el histograma (n° ideal de barras aproximadamente 10).
 7. Analizar el histograma y actuar con los resultados.

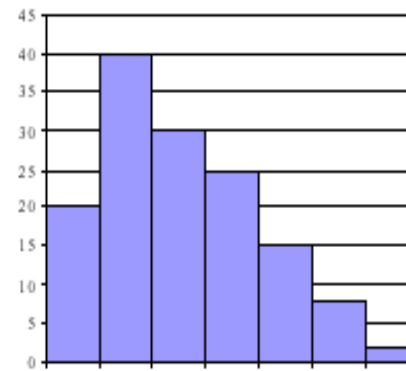
6.2.2. Histogramas de procesos: formas que pueden tomar en relación con las especificaciones



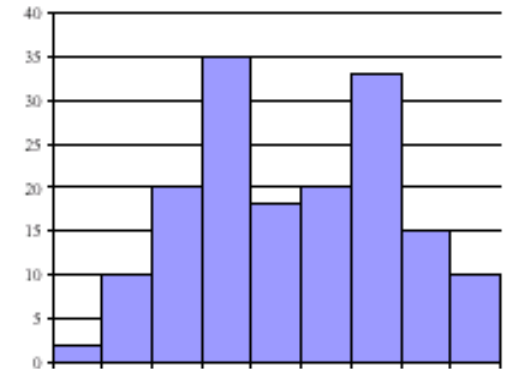
- Distribución normal.
- Proceso estable.



- Datos a la izquierda de la media.
- Investigar.



- Datos a la derecha de la media.
- Investigar.



- Bimodal. Los datos pueden provenir de 2 procesos diferentes que se han combinado para construir el histograma.

Ejercicio. 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.

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

Mediciones de diámetros.

6.2.3. Estratificación de datos

- **ESTRATIFICACIÓN**: herramienta estadística que clasifica los datos en grupos con características semejantes para una mejor comprensión del fenómeno estudiado:
 - 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.

6.2.3. Estratificación de datos

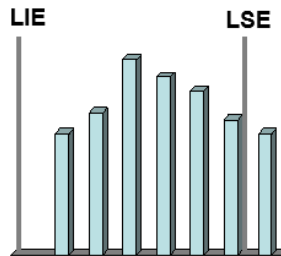
1. Por material	Fabricante, comprador, marca, lugar de producción, fecha de compra, lote de recepción, lote de producción, componentes, pureza, tamaño, piezas, tiempo de almacenaje...
2. Por Máquina, equipo o herramienta	Tipo de máquina, número, modelo, rendimiento, edad, fábrica, línea, herramienta, tamaño, molde...
3. Por operario	Individuo, grupo, edad, experiencia, sexo...
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...
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...
6. Por tiempo	Mañana, tarde, principio de noche; noche, día semana, mes periodo, estación, justo antes de empezar y justo al acabar la operación...
7. Otros...	Producto nuevo vs. viejo, producto unitario vs producto construido continuamente, producto bueno vs. defectuoso, método de empaquetado, de transporte...

Fuente: adaptado de Asaka & Ozeki, 1992.

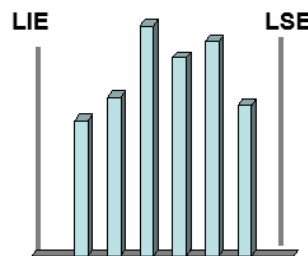
6.2.3. Estratificación de datos

• ESTRATIFICACIÓN:

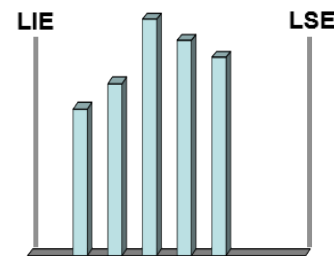
- Ejemplo: identificar la causa del diferente rendimiento de los operarios de una fábrica. Se sospecha que la causa puede estar relacionada con el grado de experiencia de los trabajadores: *estratificación en razón de los años de antigüedad.*



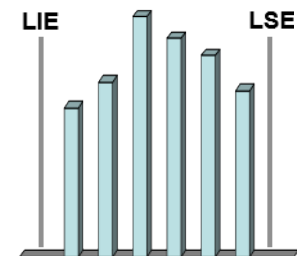
Operarios con menos de 2 años de antigüedad.



Operarios entre 2 y 5 años de antigüedad.



Operarios entre 5 y 10 años de antigüedad.



Operarios con más de 10 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.

6.2.4. Diagrama de Pareto (I)

- **Se basa en el principio de 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.

Ejercicio. Diagrama de Pareto

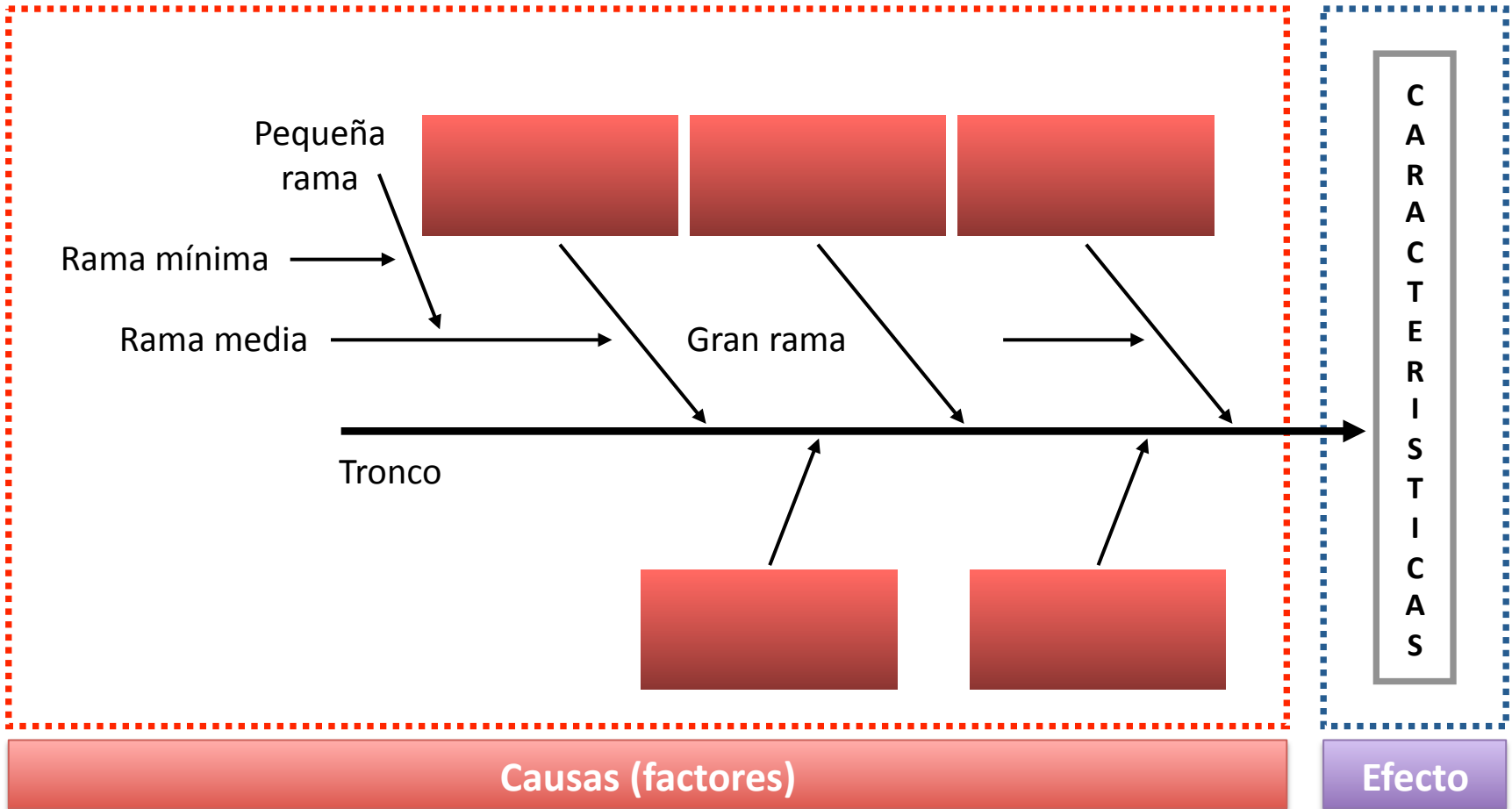
- Una fábrica de cerámica desea investigar el tipo de defectos que presentan los artículos defectuosos que se generan, para lo cual ha efectuado el recuento de dichos artículos, agrupándolos por el tipo de defecto que presentan (información que aparece recogida en la siguiente tabla).
- A partir de dichos 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

6.2.5. Diagramas causa-efecto (I)

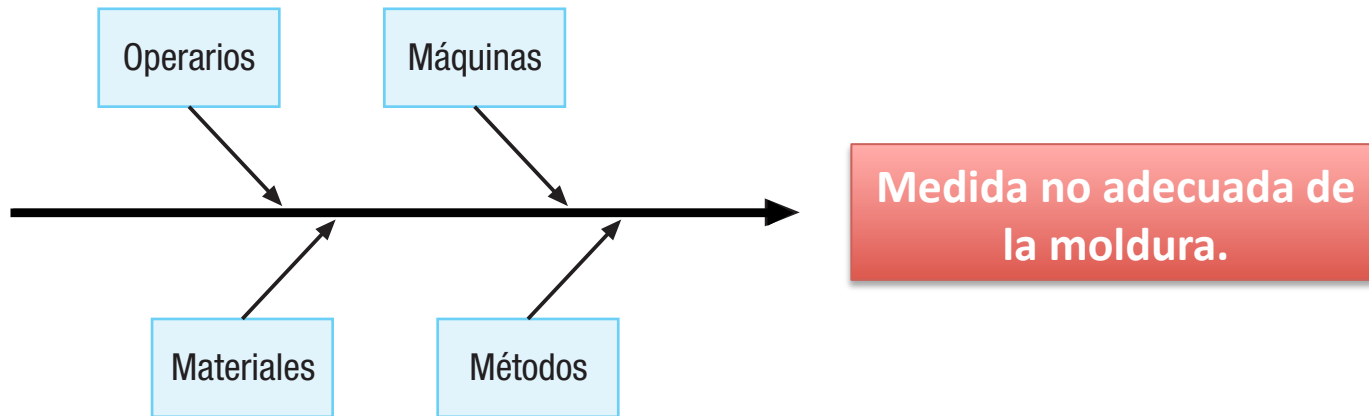
- Principal finalidad: expresar en forma gráfica el conjunto de factores causales que intervienen en una determinada característica de calidad.
- Una vez identificados los factores se estudia cual es el responsable del defecto que desea corregir.
- **Etapas para su construcción:**
 1. Definir la variable 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.

6.2.5. Diagramas causa-efecto (II)



6.2.5. Diagramas causa-efecto (III)

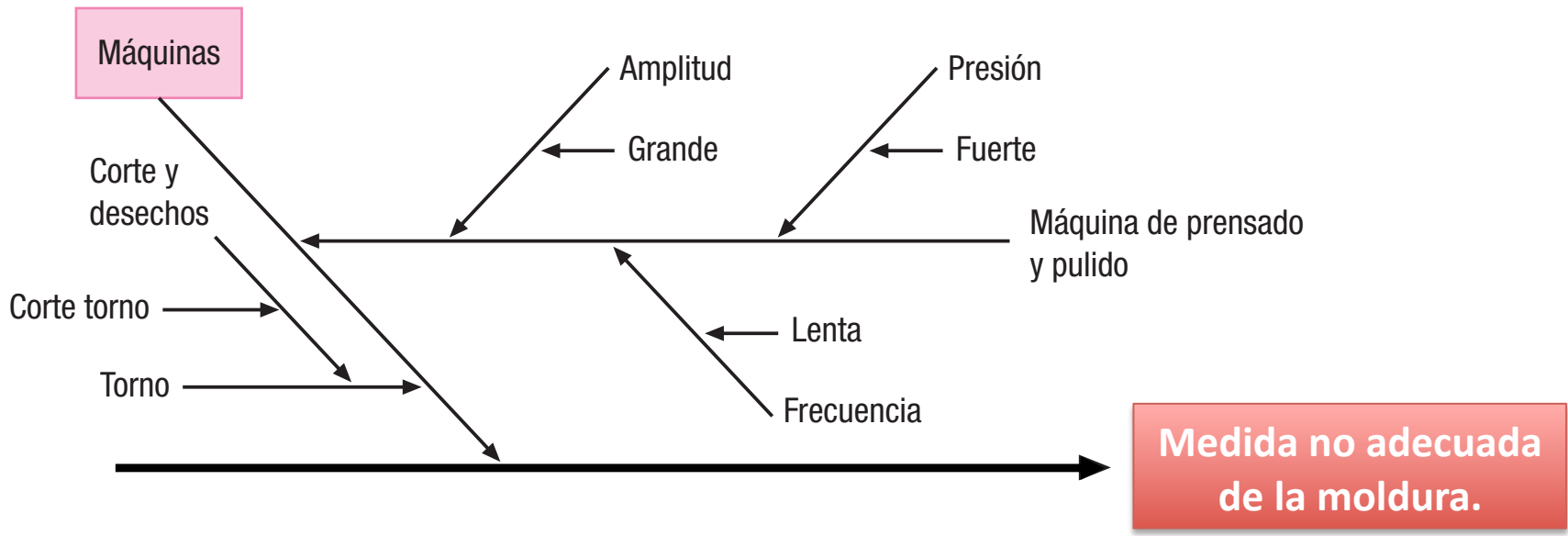
CLASIFICACIÓN DE FACTORES (MÉTODOS DE EXPANSIÓN DE GRANDES RAMAS)



Fuente: Fernández & Vazquez, 1994.

6.2.5. Diagramas causa-efecto (IV)

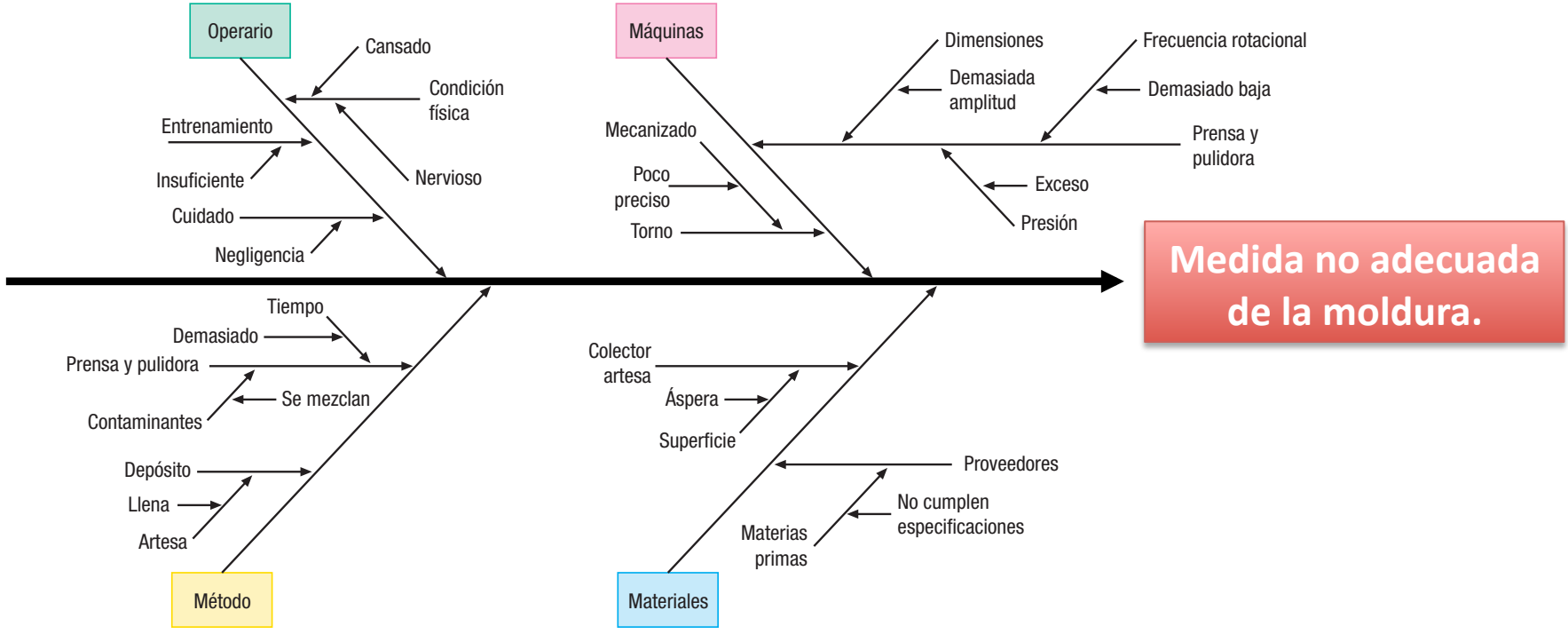
EXPLICACIÓN DE LA CAUSA (MÉTODOS DE EXPANSIÓN DE GRANDES RAMAS)



Fuente: Fernández & Vazquez, 1994.

6.2.5. Diagramas causa-efecto (V)

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



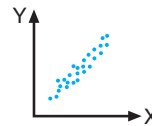
Fuente: Fernández & Vazquez, 1994.

6.2.6. Diagramas de correlación (I)

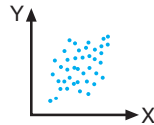
- Investiga si existe reciprocidad entre dos características de un proceso.
- En cada realización del proceso se miden los valores **X** e **Y** de ambas características, los cuales definen un punto en el plano.
- Tras una serie de medidas se tiene una nube de puntos cuya estructura muestra si existe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

6.2.6. Diagramas de correlación (II)

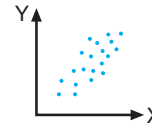
Fuerte correlación positiva.



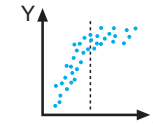
Después de estratificar los datos aparece cierto grado de correlación positiva.



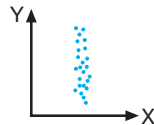
Correlación positiva.



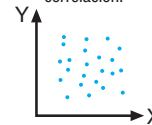
Relación en línea curvada: el lado izquierdo del rango tiene correlación positiva.



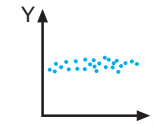
Y cambia pero X permanece constante (no correlación).



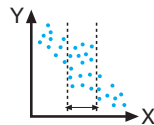
No correlación.



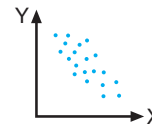
X cambia pero Y permanece constante (no correlación).



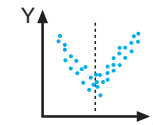
No correlación dentro de un cierto rango, pero se da correlación negativa fuera de ese rango.



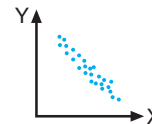
Correlación negativa.



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



Fuerte correlación negativa.



Fuente: Fernández & Vázquez, 1994.

6.2.7. 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

6.2.7. Gráficos de control

- **TIPOS DE GRÁFICOS DE CONTROL (en base a la característica de calidad):**
 1. Variabilidad en las características de fabricación.
 2. Los procesos no se encuentran en estado de control.
- **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 límite se trata de una variación especial (variaciones especiales).

6.2.7. 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 ó 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 \bar{R} , dividiendo el total de los R de cada subgrupo por el número de grupos k .

6.2.7. 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

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

n	A ₂	D ₃	D ₄
2	1,880	0	3,268
3	1,023	0	2,574
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,114
6	0,483	0	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,22	1,78

Fuente: James, 1997.

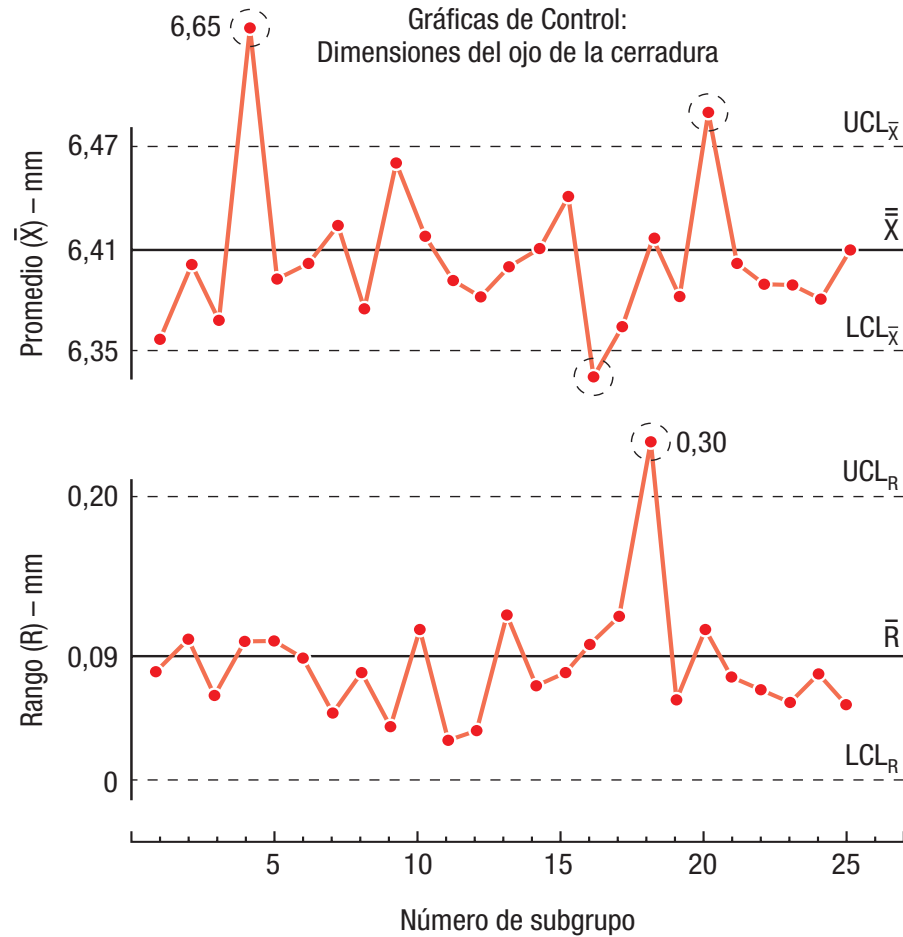
- **A₂, D₃, D₄** son constantes basadas en **n** (tamaño de los subgrupos) de acuerdo con los valores de la tabla:

6.2.7. 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.

6.2.7. Gráficos de control



Fuente: Besterfield, 1995.

6.3. Análisis de la precisión de un proceso (I)

- **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:**

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

6.3. Análisis de la precisión de un proceso (II)

- En 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	< 2,5	2,5 / 3,5	> 3,5

Fuente: extraído de Machuca (et al.), 1995.

Ejercicio. Análisis de la precisión de un proceso

- En el proceso de fabricación de unas esferas de acero se ha decidido controlar el diámetro de las mismas, que debe ser de 25 mm., con una tolerancia de +7 y -6 mm. Para ello se ha llevado a cabo la medición de 10 muestras de cinco unidades cada una, con el resultado que se muestra en la siguiente tabla:

Medida 1	27	25	23	26	25	22	28	24	24	26
Medida 2	24	26	27	25	29	23	27	27	27	26
Medida 3	28	29	25	28	25	29	25	27	26	25
Medida 4	27	28	24	25	26	24	26	26	24	27
Medida 5	26	23	27	27	24	23	26	24	23	25

- A partir de estos datos se desea calcular el índice de precisión relativa del proceso y comentar el resultado obtenido.

6.4. Diseño de planes de muestreo de aceptación de lotes (I)

- **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 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.

6.4. Diseño de planes de muestreo de aceptación de lotes (II)

- **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.**

Ejercicio. Diseño de un plan de muestreo simple

- Se quiere definir un plan de muestreo simple de aceptación para inspeccionar lotes de 10.000 unidades, que garantice un riesgo alfa = 1%, para el fabricante y un beta = 5%, para el consumidor. El nivel aceptable de calidad (NAC) y el tolerable de defectuosos (NTD) acordados son del 1 y del 3%, respectivamente.

Referencias

- Asaka, T. & Ozeki, K. (1988): «*Manual de herramientas de calidad. El enfoque japonés*». Productivity Press. Cambridge.
- Besterfield, D.H. (1995): «*Control de calidad*». Ed. Prentice-Hall Iberoamericana. México.
- Camisón, C.; Cruz, S. & González, T. (2007): «*Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, modelos y sistemas*». Pearson. Ed. Prentice-Hall.
- Cuatrecasas, L. (2011): «*Organización de la producción y dirección de operaciones*». Ediciones Díaz de Santos. Madrid.
- Fernández Sánchez, E. & Vázquez Ordás, C.J. (1994): «*Dirección de la producción. Métodos operativos*». Civitas. Madrid.
- James, P. (1997): «*Gestión de la calidad total: un texto introductorio*». Prentice-Hall Iberia. Madrid.
- Domínguez Machuca, J.A.; García González, S.; Domínguez Machuca, M.A.; Ruiz Jiménez, A. & Álvarez Gil, M.J. (2003): «*Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*». Ed. McGraw-Hill.