

Club Tablero de Comando

www.tablero-decomando.com

Presenta el ciclo de Conferencias

El Experto Responde

Prof. Mario Hector Vogel

Av. Corrientes 5143 1 B Capital Federal - Argentina

Tel/fax: (5411)- 4-855.1189

mario@tablero-decomando.com

Ciclo de Conferencias

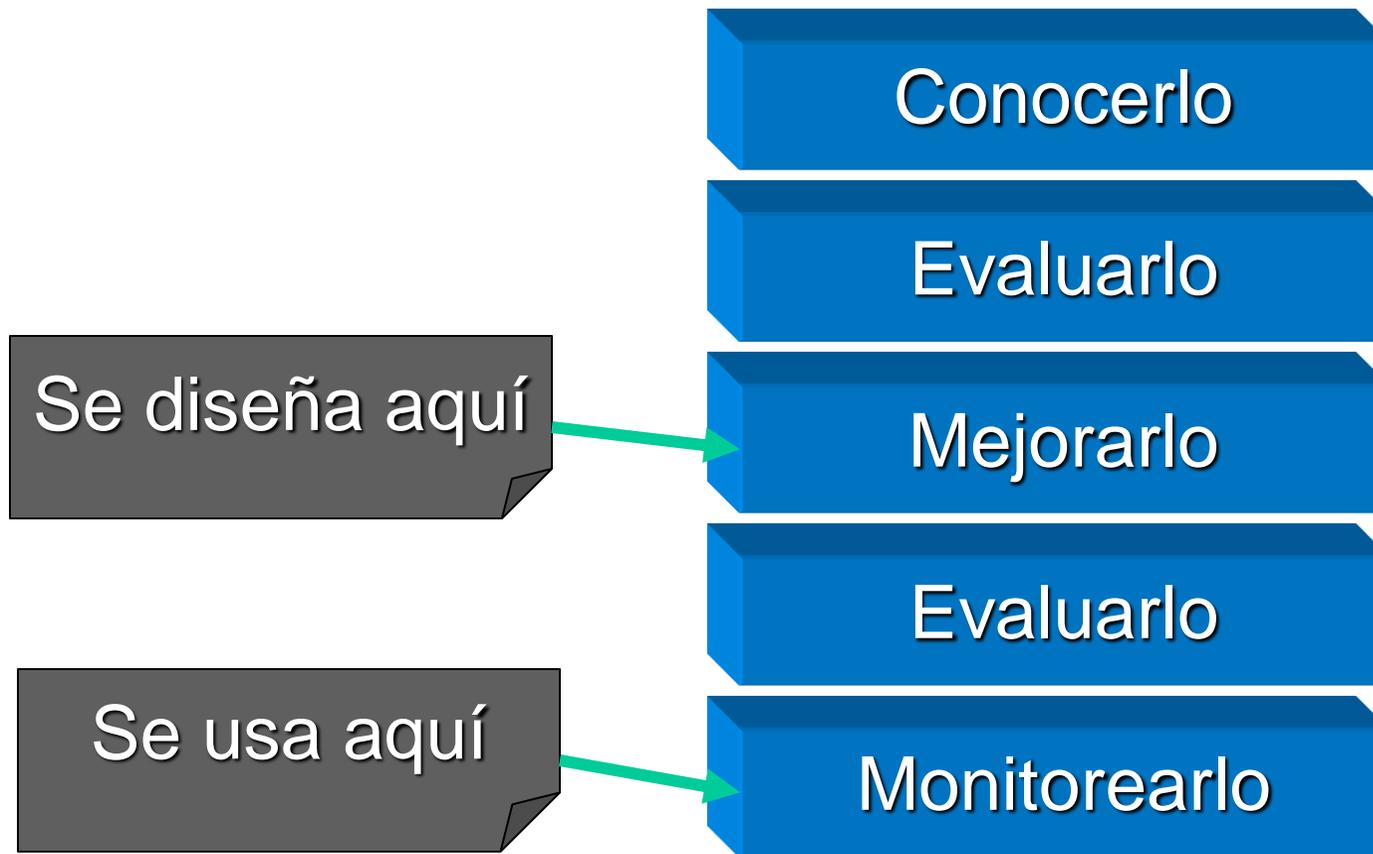
El Experto Responde hoy presentamos:

***Aplicación de los conceptos del
“BSC” para definir un cuadro de
monitoreo de un proceso***

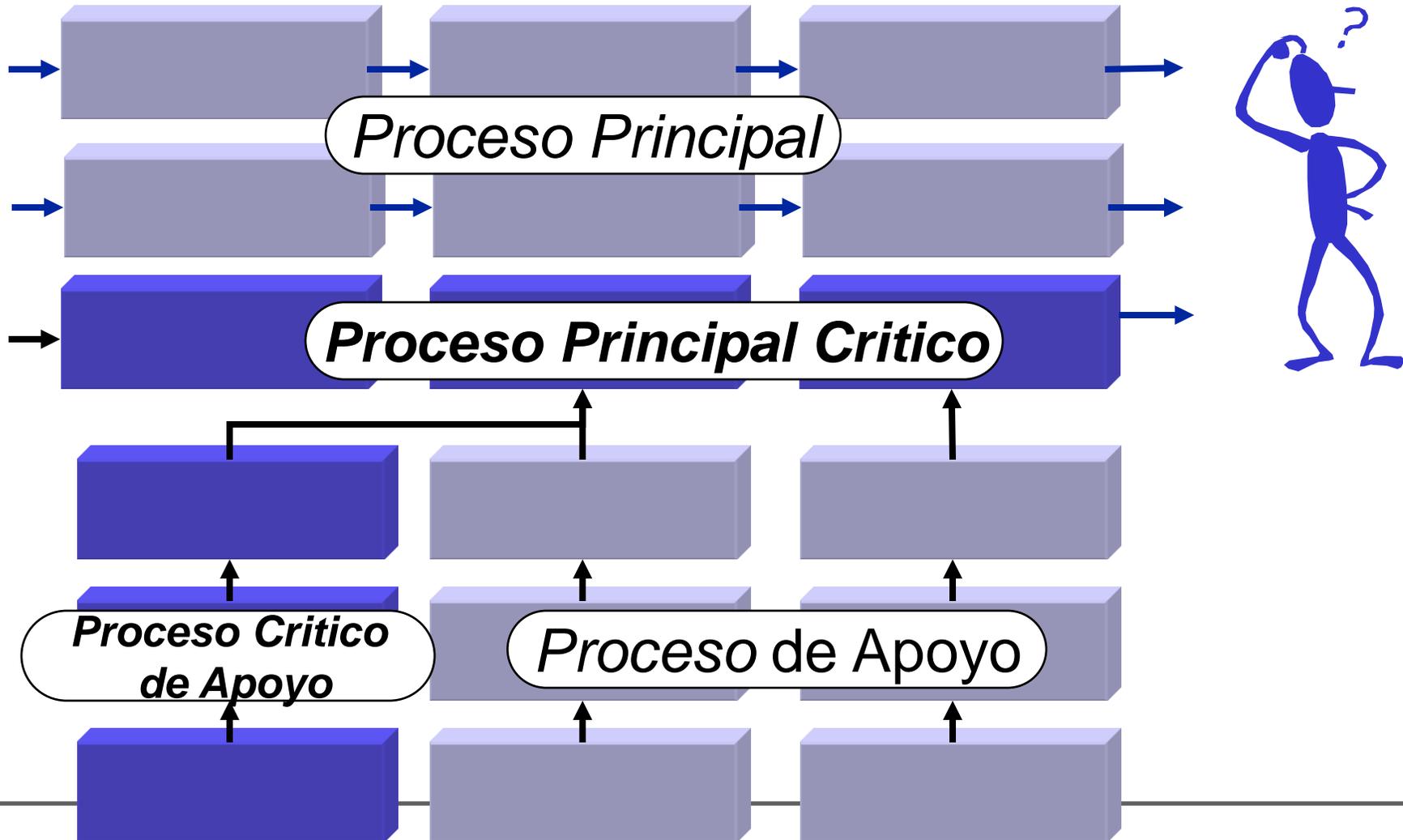
Unidad N° 1

*Definición de las
variables a controlar.*

El Sistema de Monitoreo en el Dominio de un Proceso



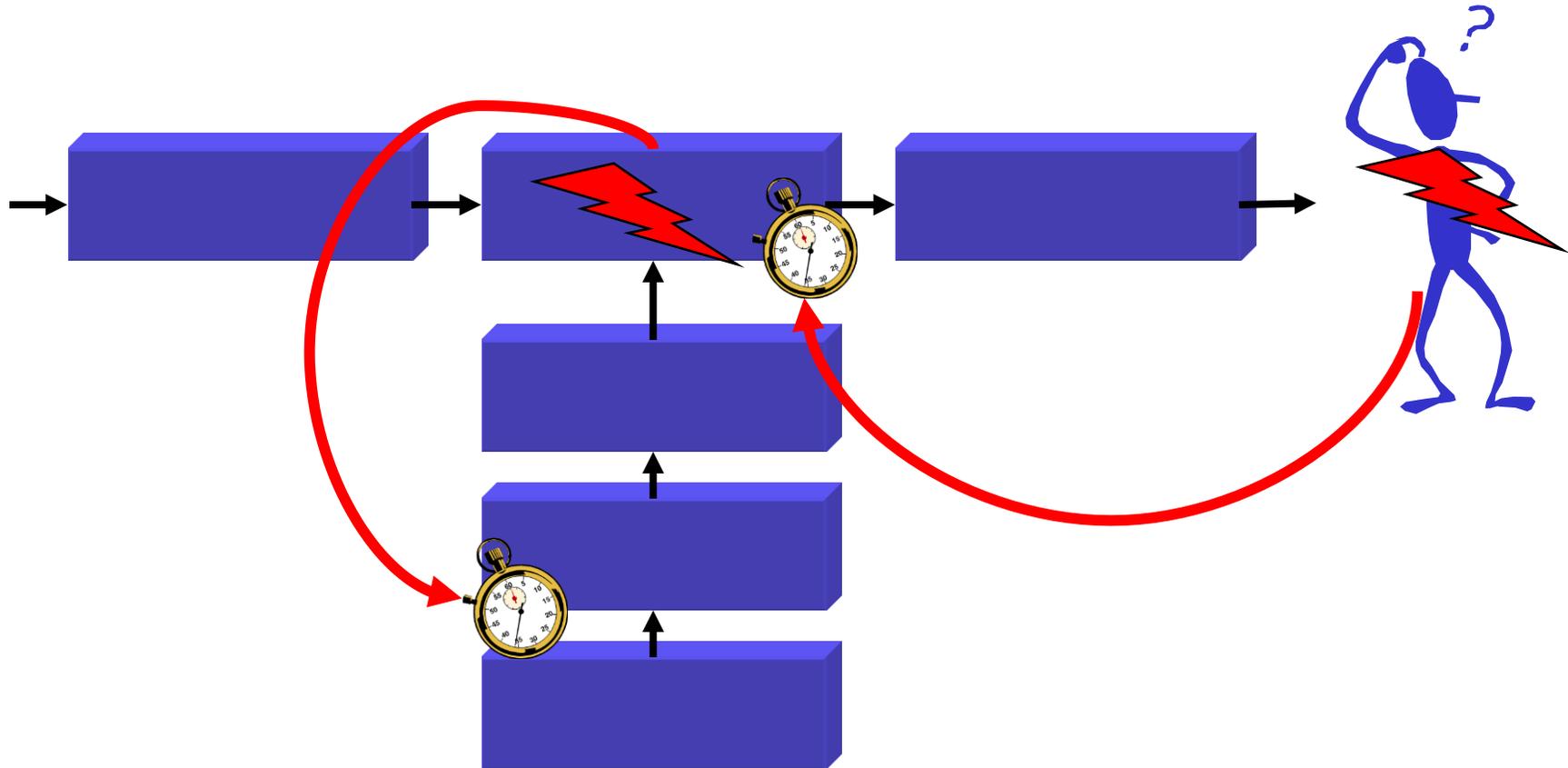
Empezando por los procesos... (2)



Clasificación de procesos

- **Proceso principal:** *Es aquel cuya salida “termina” en el cliente.*
- **Proceso principal de éxito:** *La salida tiene una elevada correlación con el nivel de satisfacción del cliente o sobre la repuesta del mercado.*
- **Proceso de apoyo:** *Es aquel cuya salida termina en una etapa de un proceso principal*
- **Proceso de apoyo crítico:** *es aquel proceso secundario cuya confiabilidad afecta significativamente el performance de la salida de uno principal de exito*

Empezando por los procesos... (3)



La salida (“output”) de un proceso se define a través de características

- *Geométricas*
- *Funcionales*
- *Fisico – químicas*
- *De apariencia*
- *Administrativas*
- *Otras*

Las características son variables continuas o discretas por lo que existen dos formas de control de su variación:

 *Control por variable*

 *Control Atributivo*

También un proceso de generación o fabricación se define y controla a través de características:

- *Presión*
- *Temperatura*
- *Tiempo de ciclo*
- *Humedad*
- *Velocidad*
- *Otras*

Las características de un producto están afectadas de una variabilidad

- *Los productos terminados y los semi elaborados son “semejantes” pero no idénticos*
- *Esa “semejanza” se determina por medios estadísticos que analizan las causas de la variación (Ley de distribución de las frecuencias de la observaciones).*
- *Lo mismo sucede con los servicios*

Definiciones: (1)*

- Cuando una característica excede sus valores especificados (cualitativos y cuantitativos) se genera una “falla”.
 - ☞ Se verifica una “**disfunción**” en el proceso / producto.
 - ☞ **La falla no eliminada** se percibe (detecta) por su “efecto”
 - ☞ Se habla de una **probabilidad de percepción** de la falla por parte del cliente.
- Las fallas siguen patrones denominados “**modos de falla**”
 - ☞ El modo de falla es el efecto visible de las “**causas**” de su existencia.
 - ☞ Se evidencia a través de su probabilidad de “**ocurrencia**”
- El sistema de control (monitoreo) define una “**probabilidad de detección y corrección**”.
- La probabilidad de afectar el **nivel de satisfacción del cliente** es la combinación estadística de estas probabilidades

Definición de las Características a Controlar. ¿Qué se debe monitorear?

- *Características del producto / servicio*
- *Características del proceso de generación del servicio o fabricación del producto.*
- *Características del proceso administrativo relacionado*
 -  *Todas son afectadas por las causas de variación que se analizan en esta unidad temática*

Características a Controlar.

¿Cuál sería una forma de calificarlas?

- *Las características del producto y del proceso se pueden clasificar en base al monitoereo al que se deben someter en:*

 *Características especiales*

➤ *Críticas*

➤ *Significativas*

 *Características generales*

Definición de las Características a Controlar .

Característica Crítica:

- *Es una característica que cuando se aparta de sus valores especificados el **efecto del desvío (disfunción) es grave** para la seguridad del hombre y / o proceso.*
- *En estos casos no tienen tanta importancia las probabilidades de ocurrencia y de detección de estos desvíos.*

Característica Significativa.

- *La probabilidad de apartarse de los valores especificados (ocurrencia) es moderada y el efecto de este apartamiento es importante (pero no grave)*
 - *En algunos casos se suma el bajo poder de detección del sistema de control existente.*

En especial.....

Las Características Especiales:

- *Definen la tipificación / naturaleza del producto / servicio*
- *Están definidas en los **puntos críticos** del proceso, donde es probable una disfunción grave*
- *El dominio de estas pocas características asegura la confiabilidad del producto / proceso.*
- *Su definición, la adopción del ámbito de variabilidad aceptable (tolerancia) y el método de control definen el tablero de control del proceso.*

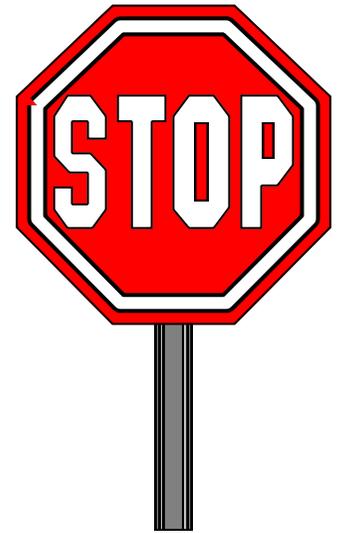
Y finalmente.....

Las Características Generales:

- *No estan relacionadas con **disfunciones graves**.*
- ***Complementan** la identidad / naturaleza del servicio y de su proceso de generación.*
- *El incumplimiento de varias características generales puede definir un nivel importante de insatisfacción del cliente interno / externo.*
- *Generalmente no se incluye su control en el tablero de comando del proceso.*

Resumen

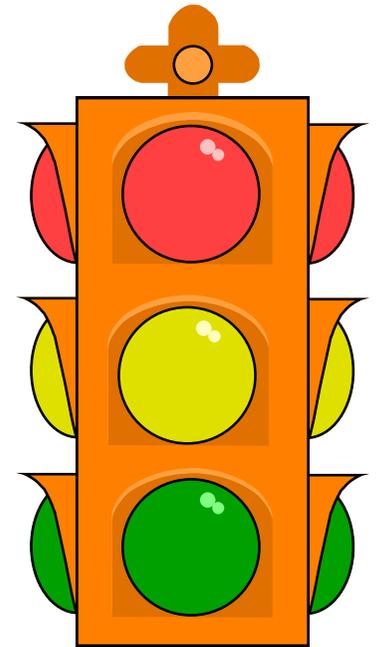
- *En los puntos críticos se debe determinar:*
 - *La criticidad de la falla por su impacto*
 - *Las causas que la pueden generar*
 - *El nivel de su ocurrencia*
 - *La efectividad del sistema de control*
- *En base a este análisis se determina el nivel del monitoreo necesario para establecer el control.*



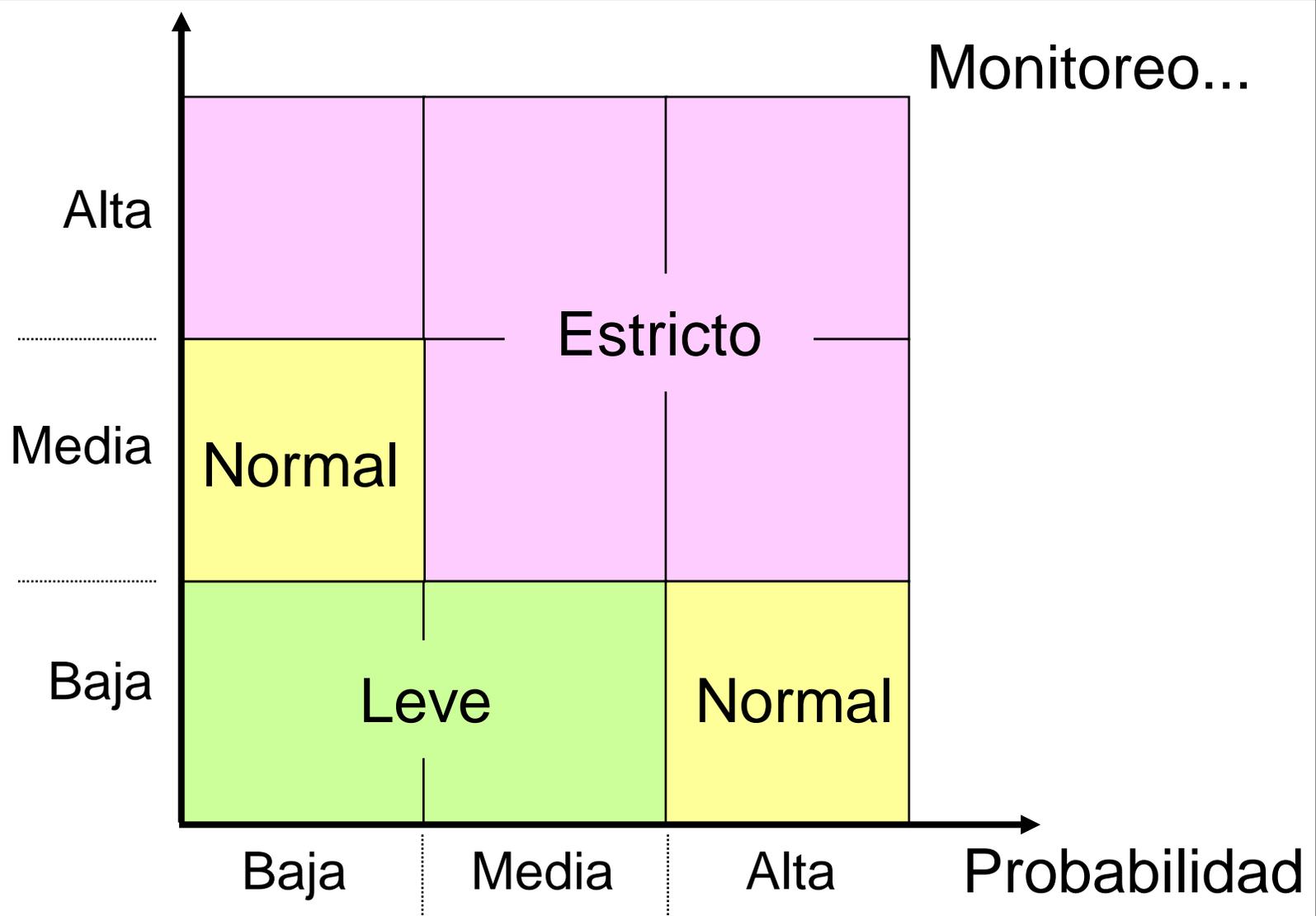
***Pero estas características
admiten una variabilidad.
¿Cómo se controla
en la práctica?***

Las causas de variación de las características especiales de un proceso.

- **Causas comunes (85%)**
- *Atribuibles al proceso. (nivel tecnológico)*
- *Normales en condiciones operativas especificadas.*
- *Función sólo del azar*
- **Causas especiales (15%).**
 - 📄 *No atribuibles al proceso*
 - 📄 *Siguen un proceso no azaroso.*



Gravedad



Monitoreo...

Alta

Estricto

Media

Normal

Baja

Leve

Normal

Baja

Media

Alta

Probabilidad

Tipos de Monitoreo de Control (1).

Estricto:

Apto para el control de las características especiales:

- *Control 100 %*
- *Control diferenciado*
- *Control estadístico*
 - *Preferentemente por variable*
- *Dispositivos a prueba de error*

Tipos de Monitoreo de Control (2)

Normal:

- *Control por muestreo*
- *A cero defecto en la muestra*
- *Tamaño muestral considerable*
- *Frecuencia de extracción elevada*
- *Control estadístico*
- *Dispositivos a prueba de error*

Tipos de Monitoreo de Control (3)

Leve:

- *Control por muestreo con defectuosos en la muestra*
- *Autocontrol*
 - *Polivalencia*
 - *Concientizar, involucrar y comprometer al personal*

Sistemas de Control de los Procesos ⁽¹⁾

Control por variable

- *Los parámetros se definen en forma continua*
- *Se dispone de información para cuantificar la magnitud de los desvíos.*
- *Los medios de medición deben poseer un adecuado nivel de resolución.*

Sistemas de Control de los Procesos (2)

Control atributivo

- *Los parámetros se definen en forma escalonada (Pasa no pasa, Ok no Ok, etc..)*
- *No se dispone de información para cuantificar la magnitud de los desvíos.*
- *Los medios de medición resultan mas sencillos.*
- *Deja de ser un método de monitoreo adecuado cuando los procesos / productos son muy confiables.*

La información del proceso se domina analizando estadísticamente :

- *La salida del mismo*
- *La definición las llamadas características especiales y sus valores óptimos.*
- *Los criterios para monitorear los procesos (a través de estas variables).*
- *La variabilidad en cada etapa de esas variables*

Para:

-  *Determinar si se está comportando adecuadamente*
-  *Adoptar el plan de mejora mas adecuado en tiempo y forma*

Fin Unidad N° 1

Repaso de los conceptos estadísticos básicos.

Unidad N° 2

Análisis de la variabilidad de un proceso (1)

44,42	44,42	44,26	44,36	44,38	44,38	44,27	44,28
44,24	44,24	44,23	44,3	44,5	44,5	44,41	44,3
44,33	44,33	44,33	44,49	44,42	44,42	44,26	44,23
44,32	44,32	44,44	44,13	44,33	44,33	44,23	44,3
44,37	44,37	44,05	44,45	44,28	44,28	44,33	44,25
44,42	44,42	44,28	44,36	44,4	44,4	44,44	44,33
44,42	44,42	44,53	44,3	44,32	44,32	44,05	44,45
44,28	44,28	44,6	44,49	44,35	44,35	44,28	44,57
44,42	44,42	44,41	44,13	44,17	44,17	44,53	44,19
44,38	44,38	44,36	44,45	44,44	44,44	44,6	44,25
44,4	44,4	44,52	44,49	44,47	44,47	44,41	44,33
44,29	44,29	44,26	44,35	44,23	44,26	44,36	44,45
44,3	44,3	44,2	44,28	44,19	44,1	44,52	44,57
44,21	44,21	44,25	44,49	44,49	44,49	44,34	44,35

Análisis de la variabilidad de un proceso (2)

- ***Características de la serie de datos***

-  ***Tamaño de la muestra: 100 ítems***

-  ***Valor máximo de la serie: 44.60***

-  ***Valor mínimo de la serie: 44.05***

-  ***Rango: 0.55***

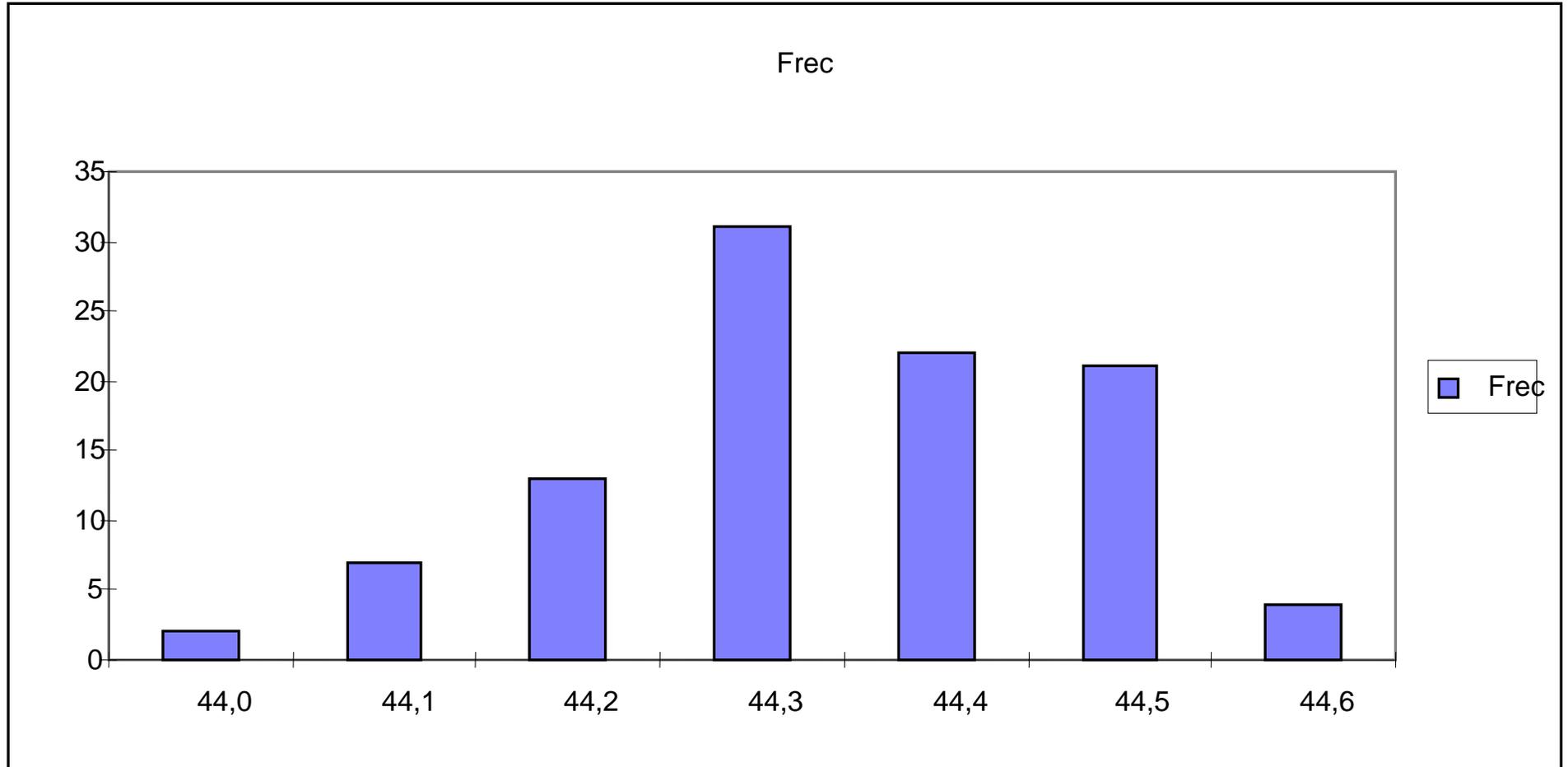
- ***Número de celdas adoptado: 7***

- ***Ancho de celda: 0.0786***

Análisis de la variabilidad de un proceso (3)

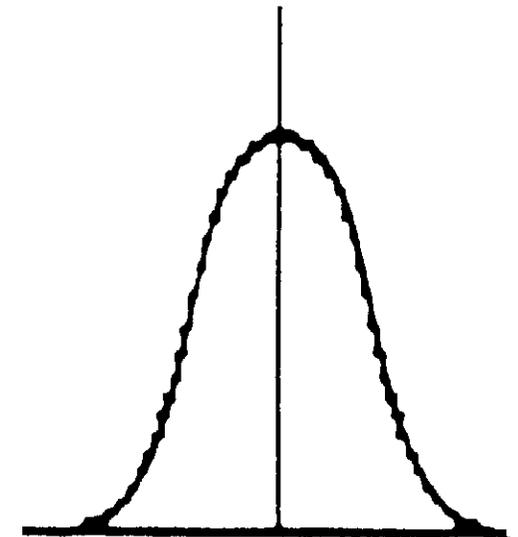
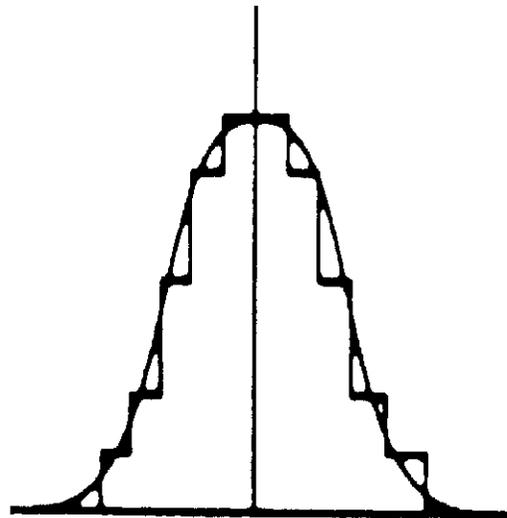
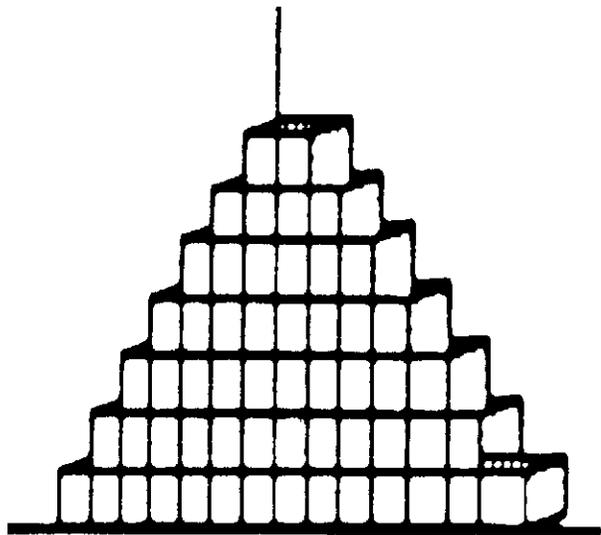
Nº de celdas	Lim. sup.	Lim. inf.	Valor medio	Frecuencia	Frec. acum.
1	44,1286	44,05	44,0893	4	4
2	44,2073	44,1287	44,168	7	11
3	44,286	44,2074	44,2467	19	30
4	44,3647	44,2861	44,3254	29	59
5	44,4434	44,3648	44,4041	21	80
6	44,5221	44,4435	44,4828	17	97
7	44,6008	44,5222	44,5615	3	100

Análisis de la variabilidad del proceso (4)

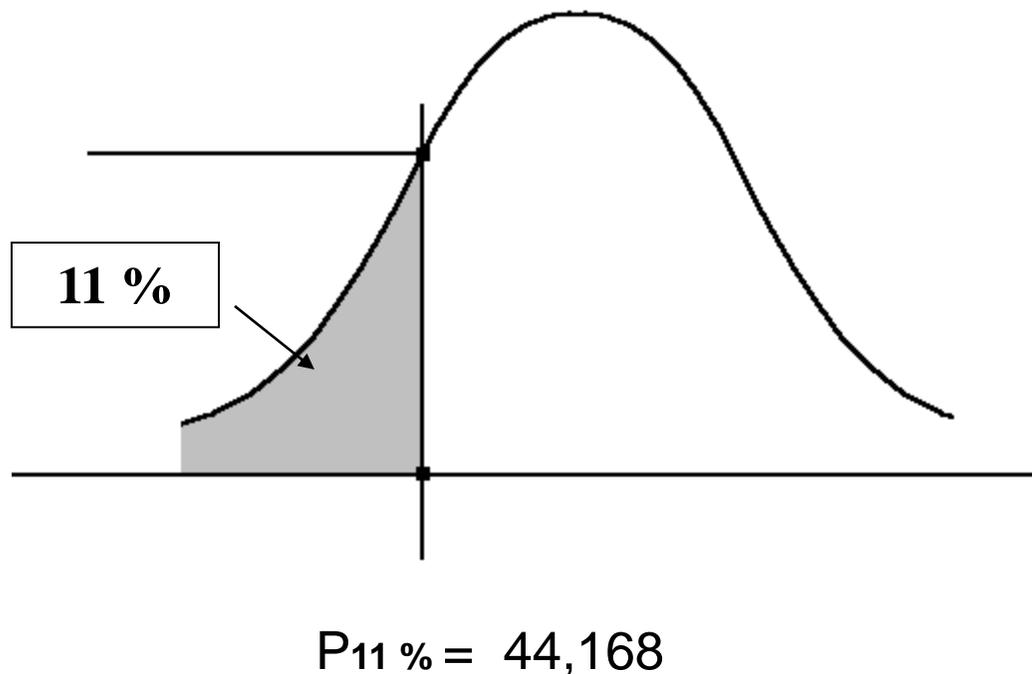


Nota : analizar archivo "Ejemplo N° 2. Xls"

Análisis de la variabilidad del proceso (5)

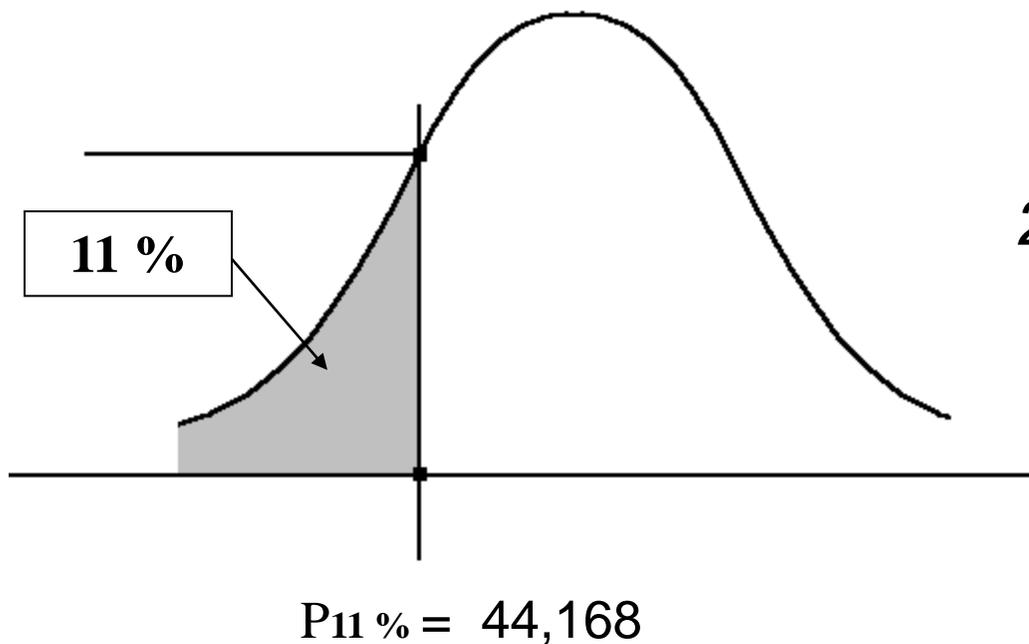


¿Que significa esta curva continua derivada del histograma del proceso? (1)



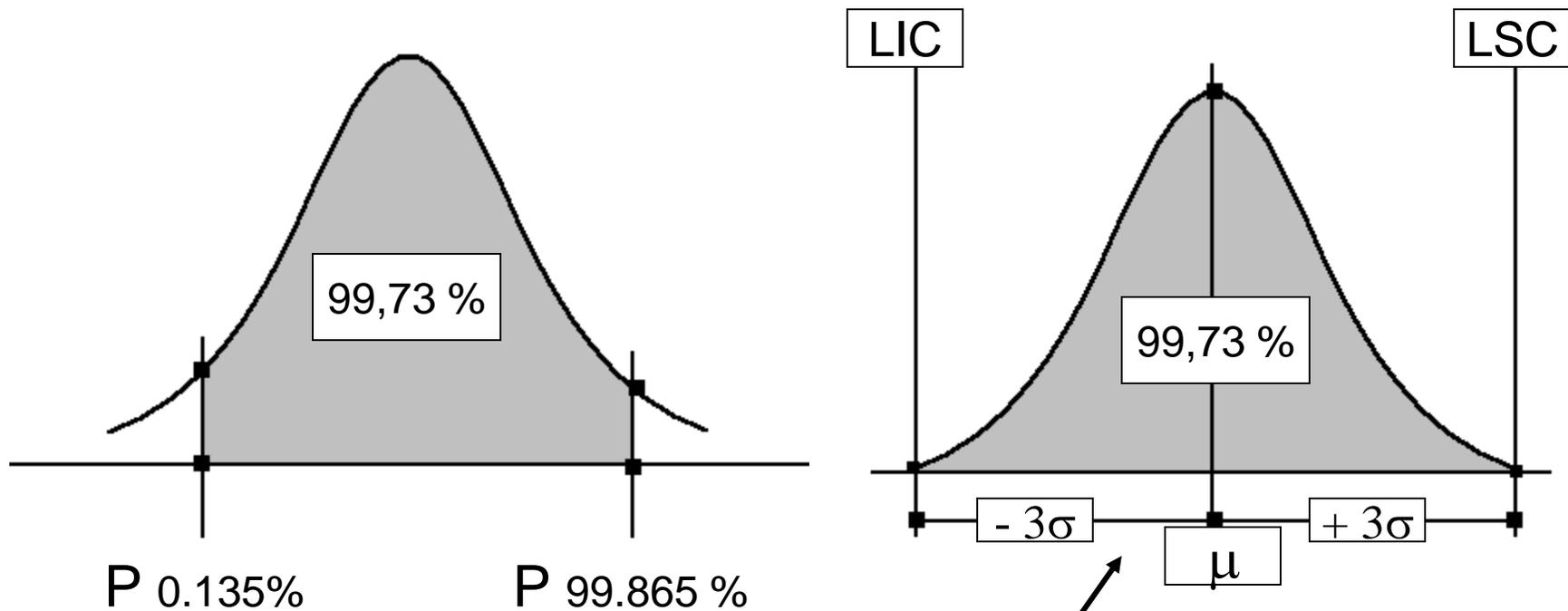
1. Me indica que cantidad de ítem que son producidos en una determinada medida, por ejemplo la cantidad de ítems con un valor de 44,168.
2. En la muestra fueron 7 ítems lo que equivalen a un 7 % $((7/100) \times 100)$
3. Pero también existieron 4 ítems con un valor menor de 44,0893, que equivalen a un 4 % adicional.
4. Es decir existe un 11 % (7% + 4%) de ítems **hasta** el valor 44,168 Kg. y 89 % por arriba de ese valor
5. La exactitud de esta “**inferencia**” aumenta al aumentar el tamaño de la muestra y la cantidad de las celdas del histograma base

¿Que significa esta curva continua derivada del histograma del proceso? (2)



- 1. A este proceso se lo conoce como estima de punto (hay un 11 % de ítem hasta el valor 44,168)*
- 2. Para ser un análisis completo falta definir el nivel de confianza de esta estimación. (se verá mas adelante en este curso)*

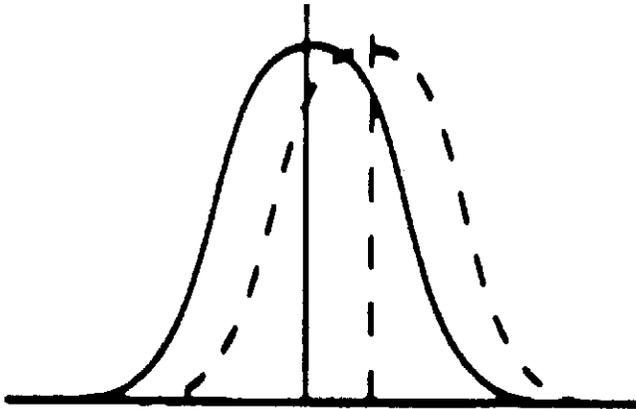
El significado práctico de los percentiles $P_{0.135\%}$ y $P_{99.865\%}$ (1)



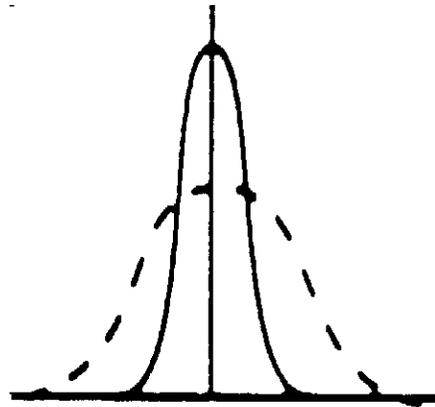
Modificación de la distribución

Estadísticos de forma y posición

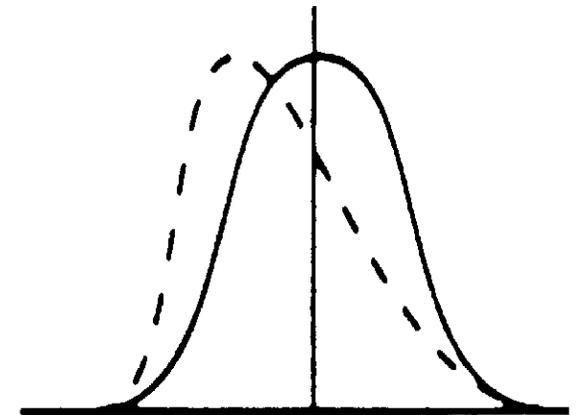
Ubicación



Dispersión



Forma

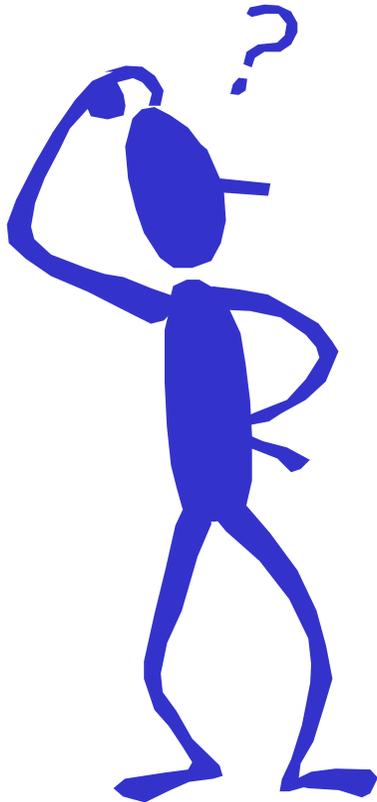


El significado práctico de los percentiles

P_{0.135} % y P_{99.865}% (2)

- *En Resumen:*
 - *Se limita la existencia de la distribución entre los límites naturales de control cometiendo un error del 0.27 % (0.135 % de cada lado de la distribución).*
 - *Un valor individual tiene una chance (probabilidad) del 99.73% de caer en ese intervalo y ser considerado como “normal” o con un desvío admitido por la variación “inherente” del proceso.*
 - *Se establece una “estima de intervalo” con un “nivel de confianza” del 99.73 %*

Parámetros estadísticos de una distribución continua



- ***Parámetros de posición***

- *Promedio*

- *Moda*

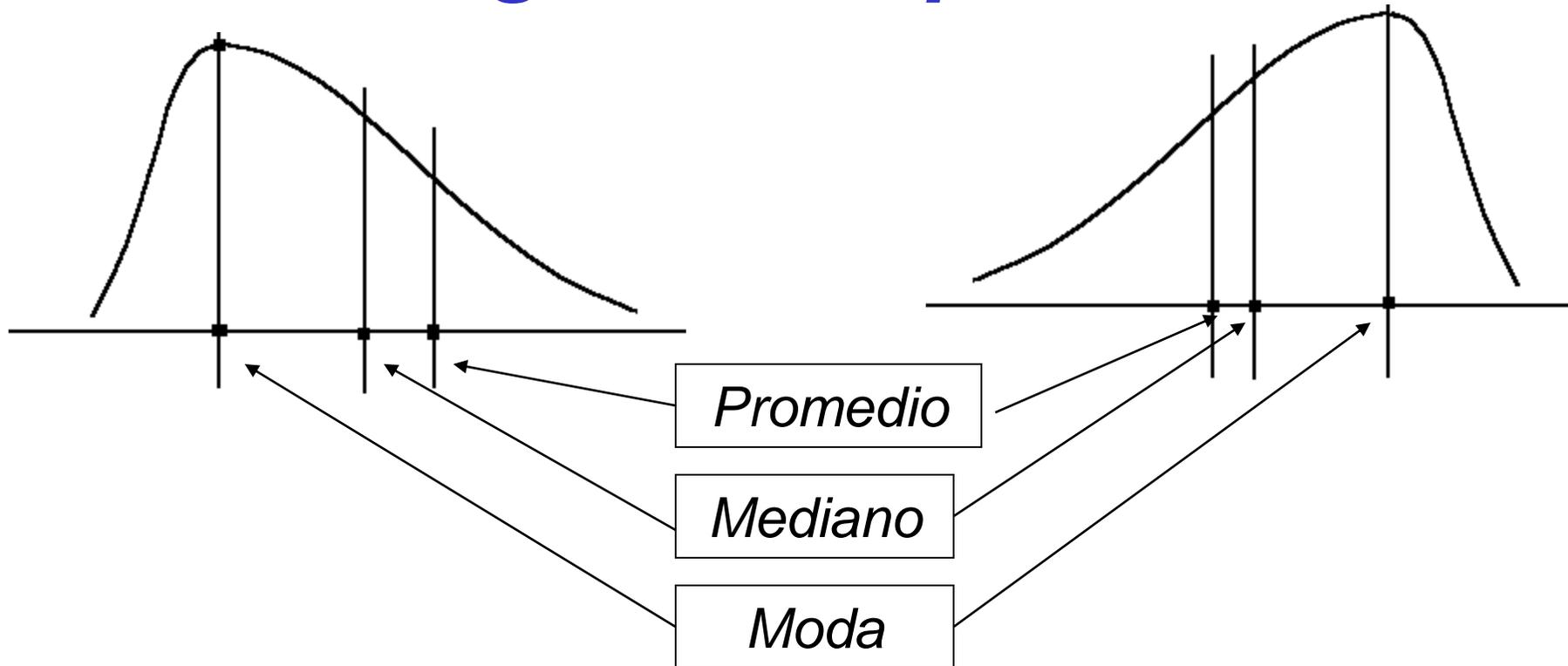
- *Mediana*

- ***Parámetros de forma***

- *Desviación estandar*

- *Rango*

Significado práctico



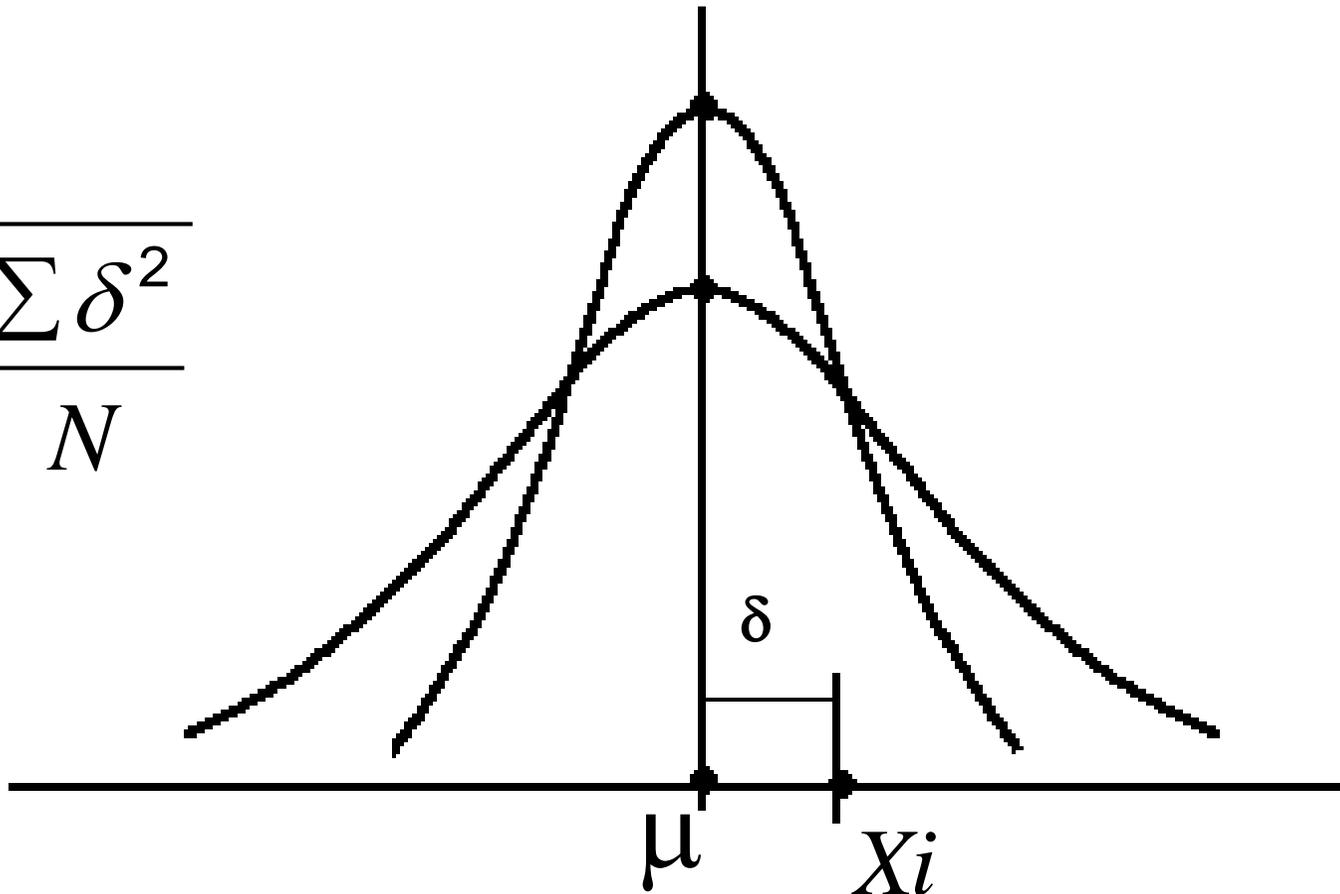
Cuando mayor es la diferencia entre el promedio y la moda, mayor es el “sesgo” de la distribución. Solo en la distribución de Gauss, por ser simétrica, los tres valores coinciden y se usa el promedio por ser de fácil calculo. En distribuciones no gaussianas se prefiere el uso del “mediano”.

Parámetros de variabilidad ó de “forma” (1)

- ***Rango de la muestra:*** *Es la diferencia entre el valor mas elevado y el reducido de la misma.*
- ***Rango del lote:*** *Ídem anterior pero del lote en observación, hay una relación biunívoca entre ellos.*
- *Cuando $n > 100$ la diferencia entre estos valores es pequeña*
- *El rango es muy útil para detectar desvíos operativos*

Se define “un desvío típico” también llamado “desviación estándar”

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{N}}$$



Parámetros de variabilidad ó de “forma”

- **La variancia muestral** : Es un desvío cuadrático que elimina la posibilidad de compensación de los desvíos lineales en el caso de una distribución simétrica, que se calcula con la siguiente formula

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

- **La variancia poblacional** se calcula como:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(\bar{X} - X_i)^2}{N}$$

- Cuando $n > 100$ la diferencia es despreciable. Estos cálculos se realizan generalmente con la “Pc”.

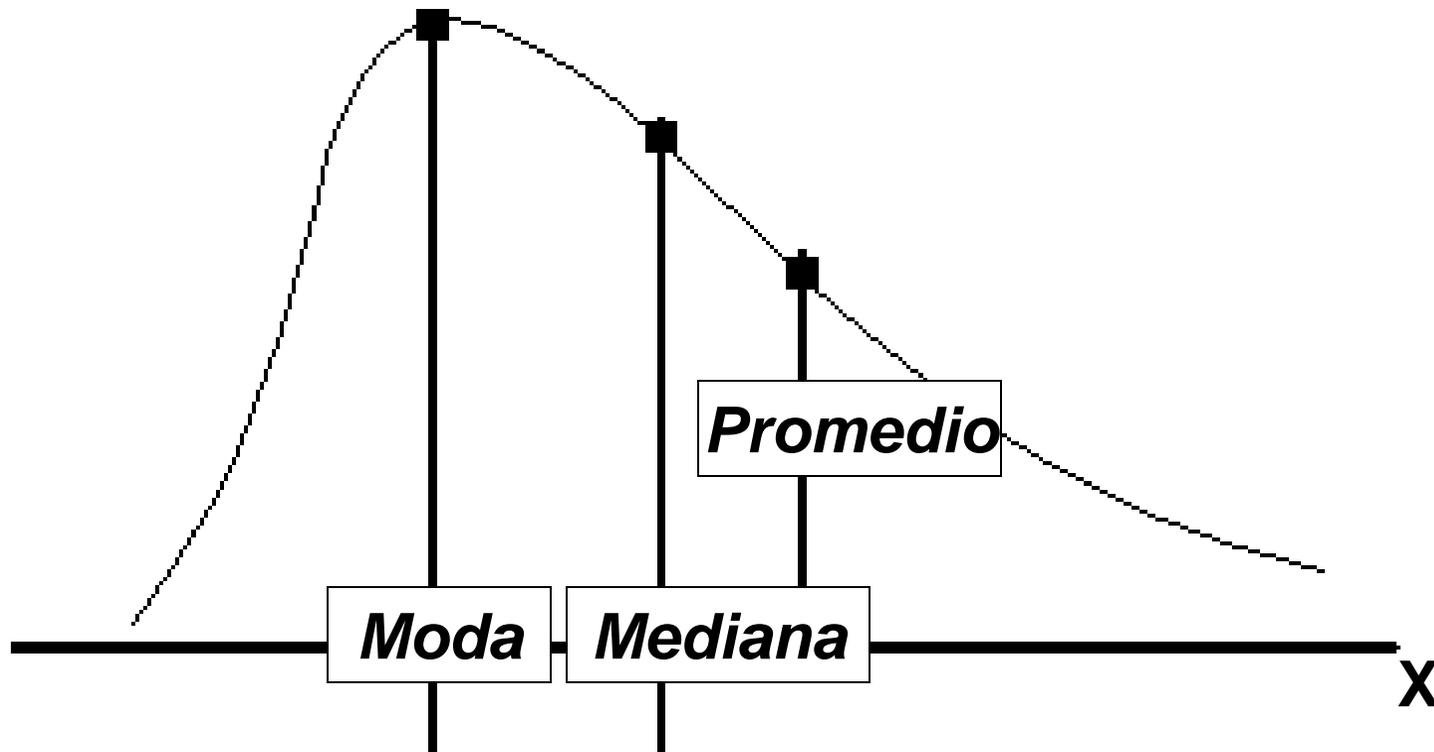
Parámetros de variabilidad ó de “forma” (3)

- *La desviación estándar o típica poblacional y muestral :
resultan*

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \qquad S = \sqrt{S^2}$$

- 📄 *La desviación estándar “plancha” las diferencias introducidas por la variabilidad instantánea, por este motivo se utiliza mas el rango para monitorear los procesos.*
- 📄 *Cuando $n > 100$ la diferencia entre las dos expresiones es despreciable*

Pero....Las formas mas comunes son las asimétricas



$$3 \times (\text{Promedio} - \text{Mediana}) = (\text{Promedio} - \text{Moda})$$

Definición práctica de la posición

- *La posición de la distribución (campana) queda determinada si se conoce cualquiera de los estadísticos de posición.*
 - 📄 *Mediana (el mas útil).*
 - 📄 *Moda*
 - 📄 *Promedio (ó media) solo utilizable en distribuciones simétricas.*

Ahora podemos definir el sesgo de una distribución

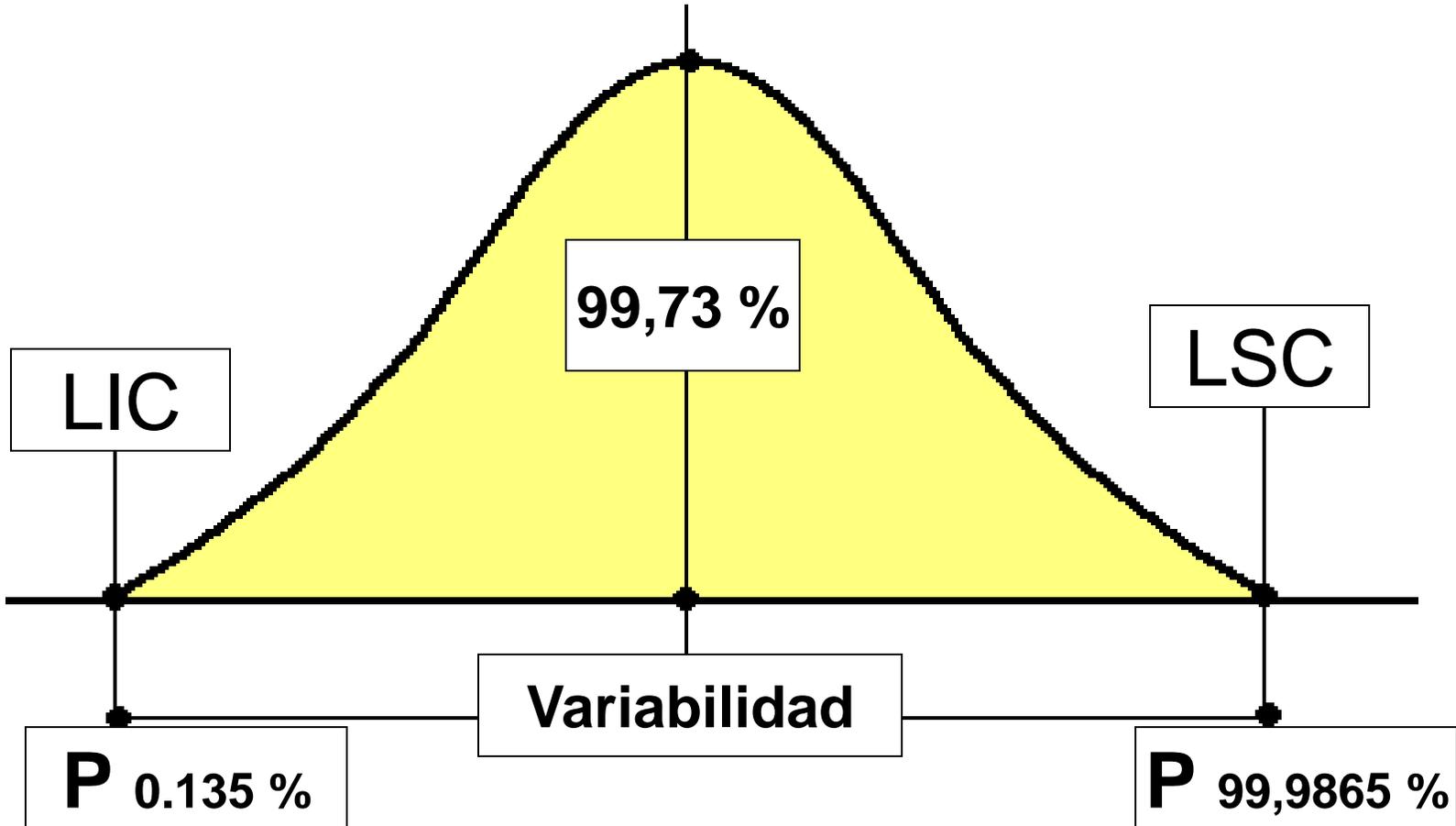
$$\text{Sesgo} = \frac{\text{Promedio} - \text{Moda}}{\sigma}$$

Si el sesgo de la distribución es inferior a 0,4 en la práctica se la considera como simétrica

Algunos de los errores mas comunes:

- *Trabajar con el promedio sin hacer referencia del desvío típico. (ó desviación típica).*
- *Trabajar con el promedio sin saber si la distribución es realmente gaussiana (simétrica).*
- *Trabajar con formulas de validez gaussiana, cuando no se conoce el sesgo de la distribución.*

El concepto de variabilidad (1):



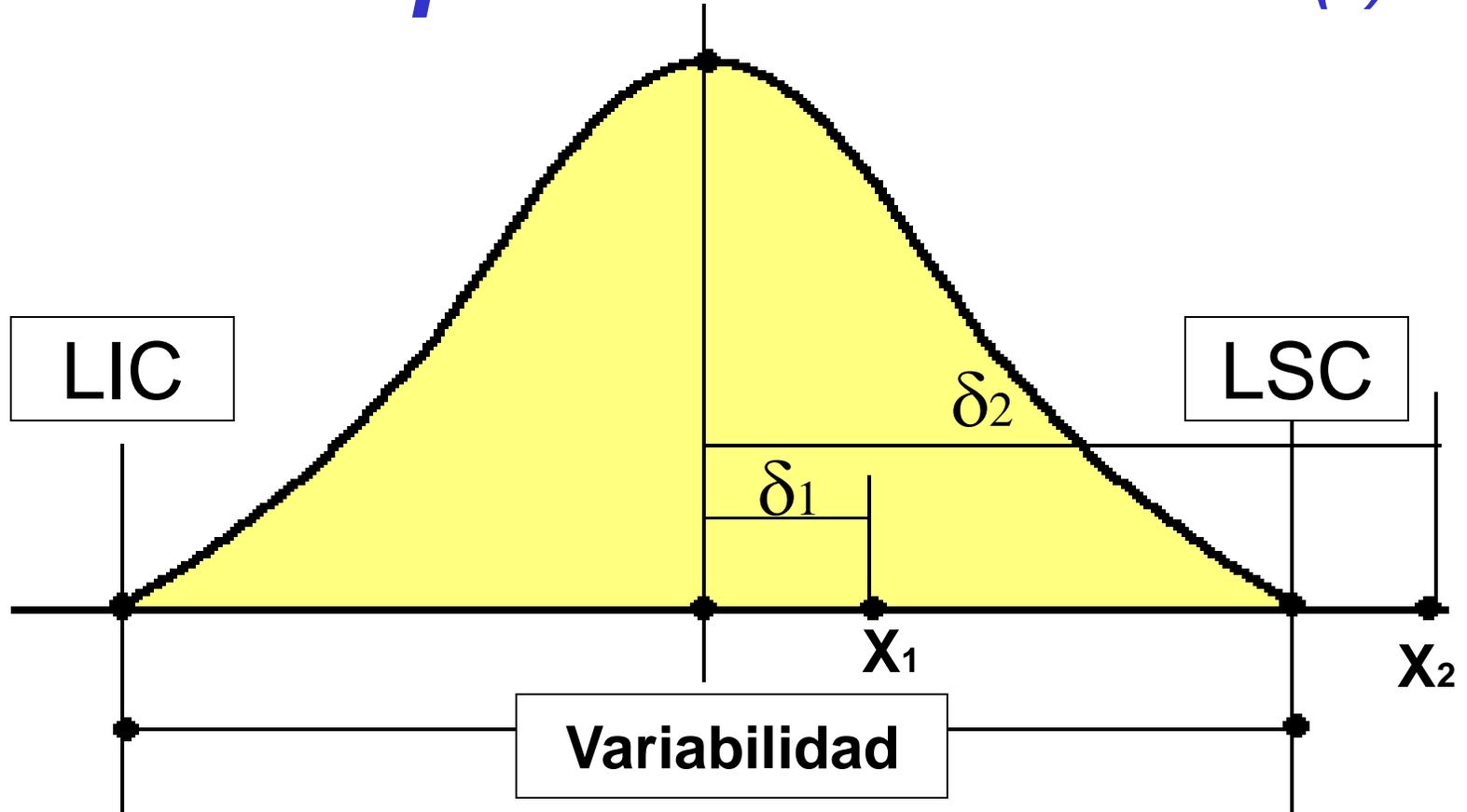
El concepto de variabilidad (2):

- *Solo cuando la distribución es simétrica se puede establecer que:*

$$***Variabilidad = P_2 - P_1 = 6.\sigma***$$

- *Ignorar esta afirmación induce a errores gravísimos en las estimaciones.*

El concepto de variabilidad (3):



Una medición tiene el 99,73 % de chance para caer en el intervalo $\mu \pm 3\sigma$

EJEMPLO

- *Se extraen cuatro bolsas provenientes de una boquilla de una maquina embolsadora, que cuando está adecuadamente ajustada presenta los siguientes valores considerados “históricos” :*

 $\sigma = 0,48 \text{ Kg.}$ **Valor promedio = 50,20 Kg.**

- **Los pesos de las *bolsas de la muestra* fueron:**
51,85 Kg.- 51,52 Kg. -48,90 Kg. y 48,60 Kg.

 *¿Todas las bolsas pueden ser consideradas como pertenecientes a la distribución histórica?*

RESOLUCIÓN DEL EJEMPLO (1)

- *Los límites naturales de control del proceso resultan:*

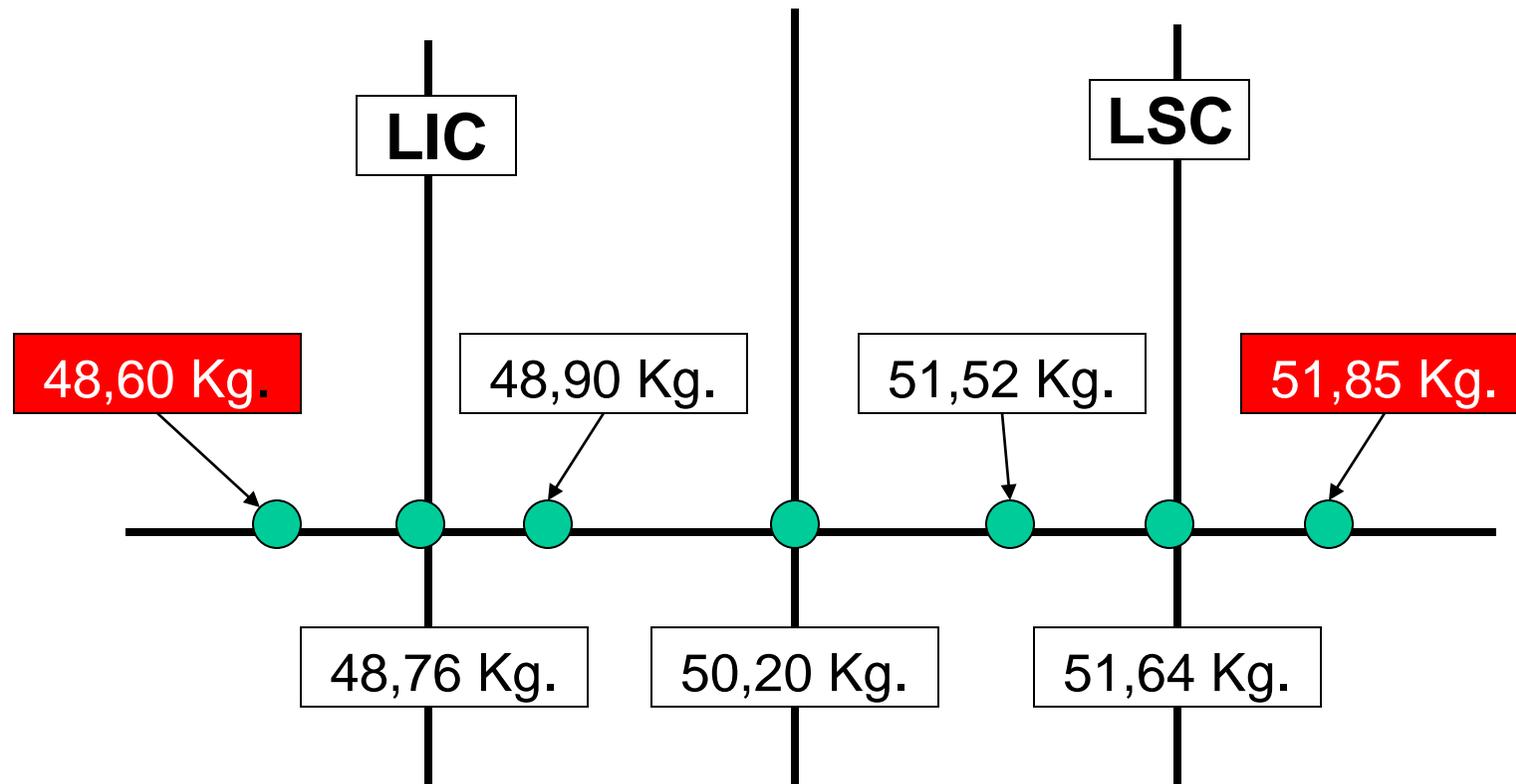
$$LC = \mu \pm (3x\sigma)$$

$$LSC = 50.20 + (3x0.48) = 51.64$$

$$LIC = 50.20 - (3x0.48) = 48.76$$

$$LC = 50.20$$

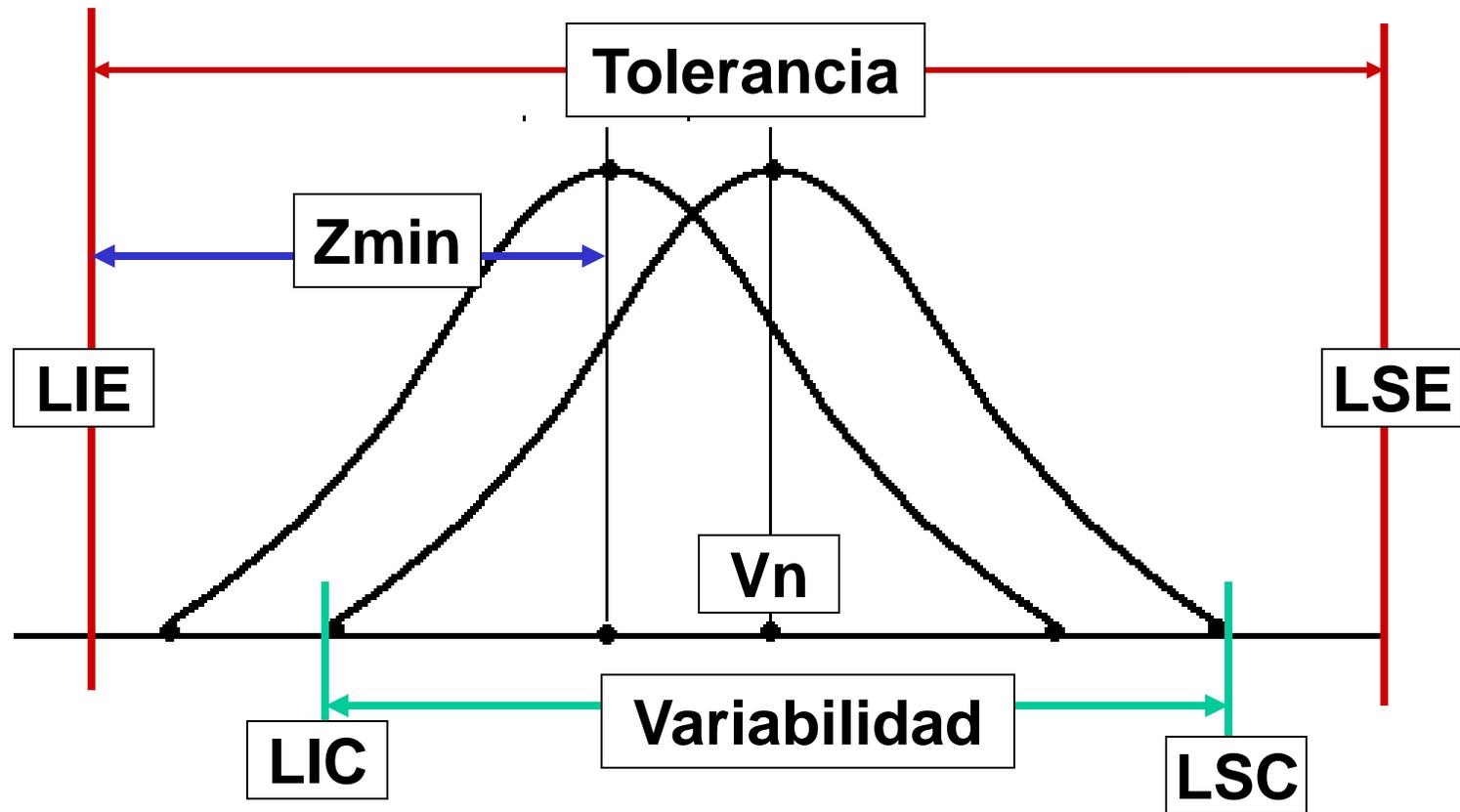
RESOLUCIÓN DEL EJEMPLO



*Hay dos bolsas con desvíos superiores al permitido $3\sigma = 1.44$ Kg.
Una con un desvío $50.20 - 48.60 = 1.60$ Kg.
y la otra con un desvío $51.85 - 50.20 = 1.65$ Kg.*

Conclusiones del Ejemplo

- *Existen variaciones en el peso de las bolsas que no corresponden al patrón histórico.*
- *Hay dos causas de variación que actúan simultáneamente:*
 - ☞ *Las causas naturales “inherentes” o comunes “atribuibles” al funcionamiento normal de la boquilla*
 - ☞ *Las causas especiales generalmente desconocidas no atribuibles al normal funcionamiento del dispositivo*
- ***En la práctica se utiliza un método mas adecuado denominado “Ensayos de Hipótesis y Significación”***



$$C_p = \frac{\text{Tolerancia}}{\text{Variabilidad}} = \frac{T}{P_2 - P_1} = \frac{T}{6\sigma}$$

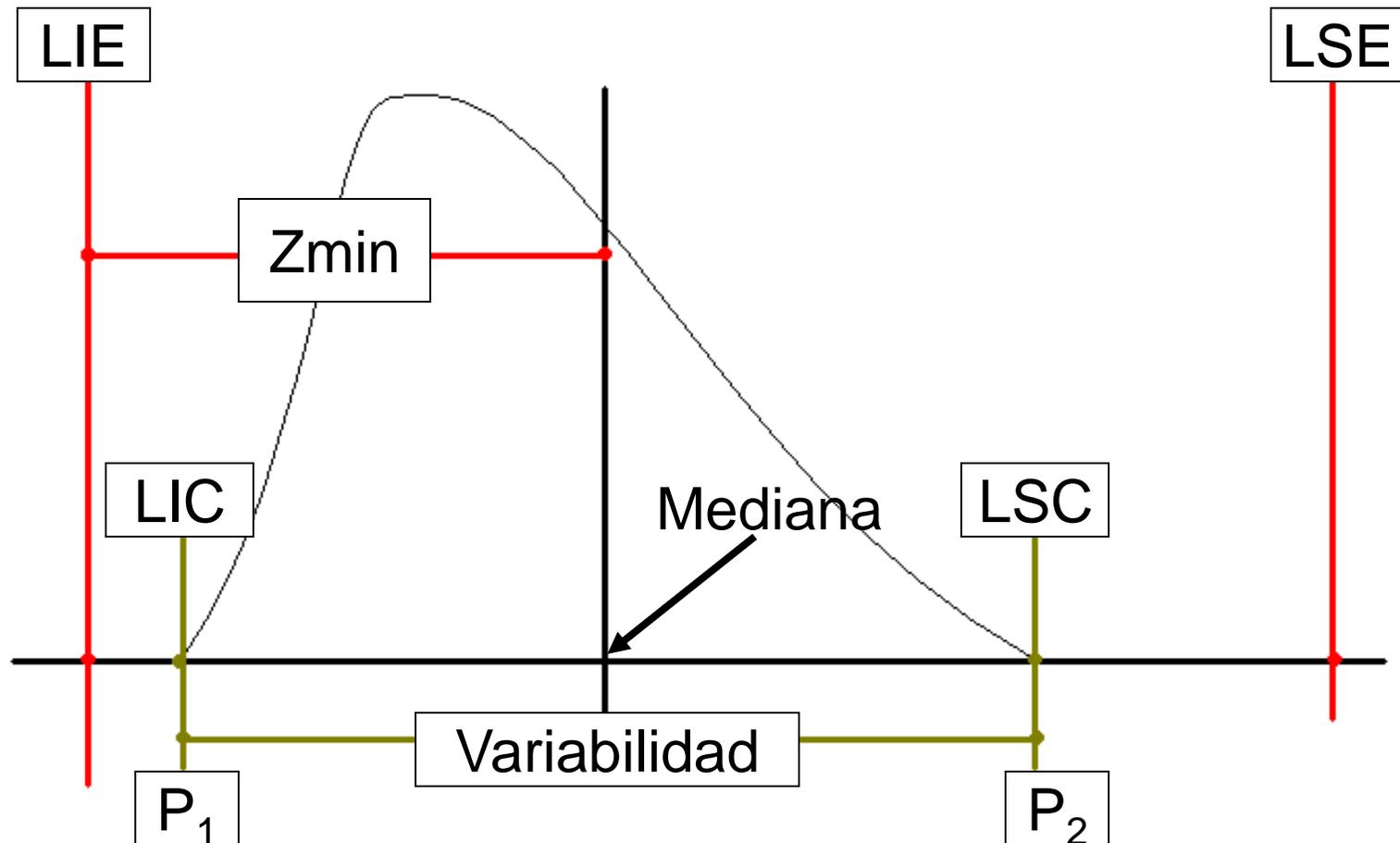
$$C_{pk} = \frac{Z_{min}}{3\sigma}$$

Solo para distribuciones simétricas

Un proceso tiene “capacidad estadística” cuando:

- *Es estable*
- *La variabilidad es inferior a la tolerancia.*
 - 📄 *Suponiendo que el sistema de control tiene adecuada resolución.*
 - ***Evitar el error de calcular la capacidad con formulas gaussianas cuando las distribuciones no son simétricas o cuando el proceso no es estable.***

¿Como se trabaja cuando una distribución de un proceso es asimétrica? (Sesgo > 0.6)



¿Como se trabaja cuando una distribución de un proceso es asimétrica? (Sesgo > 0.6) (2)

- *Para el caso ilustrado resulta:*

$$C_p = \frac{\textit{Tolerancia}}{P_2 - P_1} \quad \textit{con } (P_2 - P_1) = \textit{Variabilidad}$$

$$C_{pk} = \frac{Z_{min}}{\textit{Mediana} - P_1} \quad \textit{Con } Z_{min} = \textit{Mediana} - \textit{LIE}$$

Análisis teórico de la sintonía de los procesos: Existen dos modelos.....

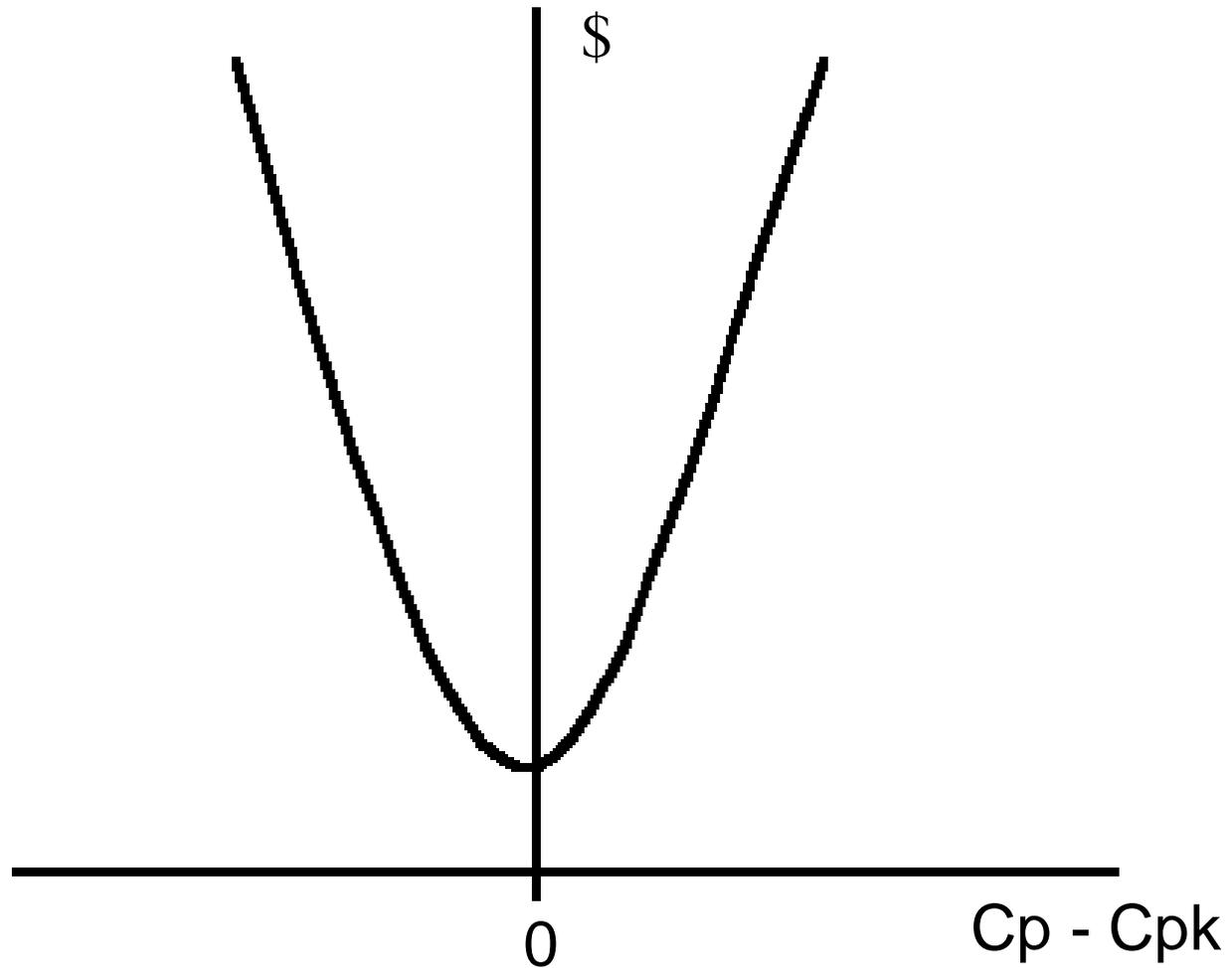
La expresión de Taguchi para analizar la diferencia entre el Cp y el Cpk

$$EQL = r \cdot \left(\frac{1}{9C_p^2} + \frac{(C_p - C_{pk})^2}{C_p^2} \right)$$

EQL = *Expected quality losses (las pérdidas predecibles por la falta de calidad)*

r: *Costo del rechazo de un producto / servicio*

Gráfico de la expresión de Taguchi



En contraposición: El concepto tradicional

*Las tres mediciones
son "equivalentes".*

NO OK

OK

NO OK

LIE

$V_n = X_2$

X_1

X_3

LSE

X

Como se domina un proceso: (1)

- Con acciones “locales” llevadas a cabo por el personal **“próximo”** al proceso que aísla con herramientas estadísticas las causas especiales de variación. **(15%)**
- Con acciones **“globales”** llevadas a cabo por la Dirección, generando cambios tecnológicos para minimizar la variabilidad atribuible naturalmente al proceso existente **(85 %)**.
- **Evitando los ajustes** sobre la maquina antes de lograr una mejor consistencia estadística en las materias prima y en las precisiones del método de medición involucrado. **(Over control)**
- Controlando también la **desintonía** (Junto al resto de las variables especiales)

Fin Unidad N° 2

Correlación y regresión de indicadores

Unidad N° 3

*Como reconocer si los indicadores
son interdependientes*

El concepto de la correlación (1)

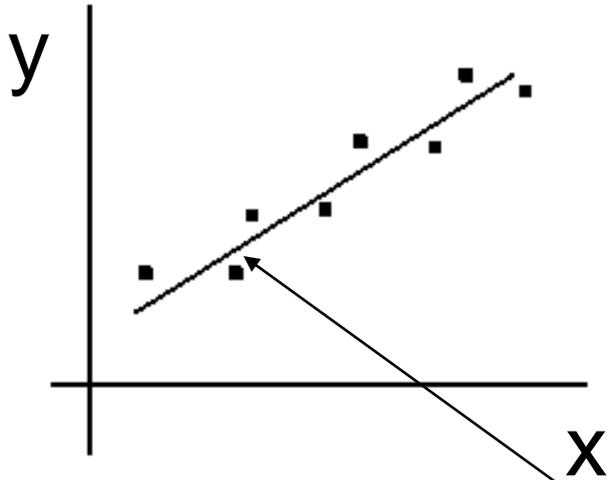
- *Cuando dos variables varían de acuerdo a una expresión matemática se dicen que están “correlacionadas” perfectamente*
- *Normalmente no es exactamente así y deseamos determinar con que grado de precisión se interrelacionan estas variables entre si.*
- *Si esta precisión es adecuada podemos estimar o inferir esta relación fuera del ámbito de la muestra observa a este proceso se lo conoce como “regresión”.*

El concepto de la correlación (2)

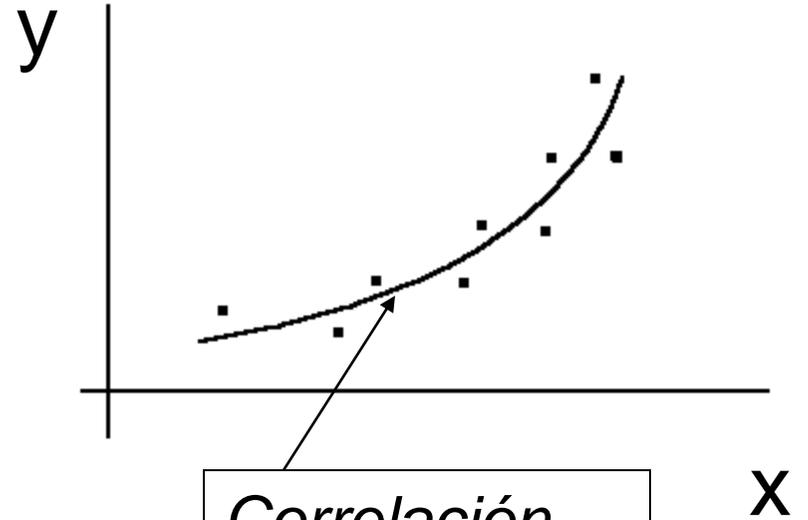
Tipos de correlaciones y regresiones

- *Correlación y Regresión Simple:*
 -  *Cuando existen dos variables*
- *Correlación y Regresión Múltiple*

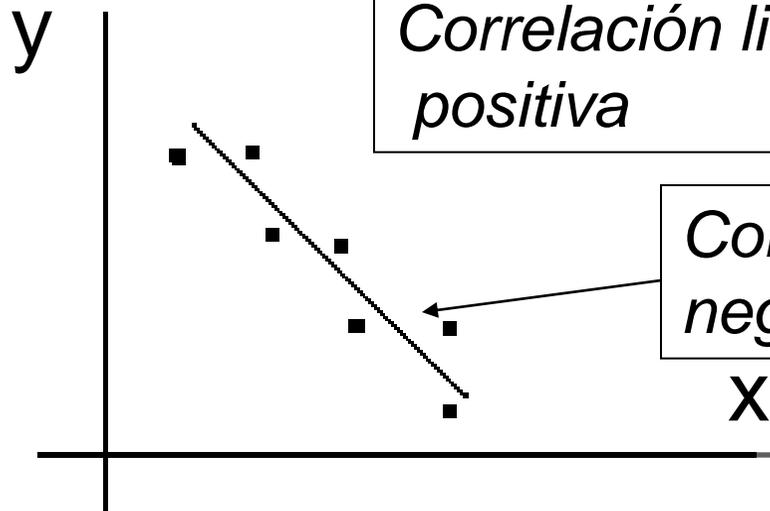
CORRELACIÓN LINEAL



Correlación lineal positiva



Correlación curvilínea



Correlación lineal negativa

Cuando la correlación es curvilínea.....

- *Se realiza un cambio de variable para obtener una nueva correlación que resulte lineal.*

 *Ejemplo: $Y = a.b^X$ ó $\text{Log}.Y = \text{Log}.a + (\text{Log}.b)X$*

Que es de la forma $Z = A + B.X$

El factor de correlación

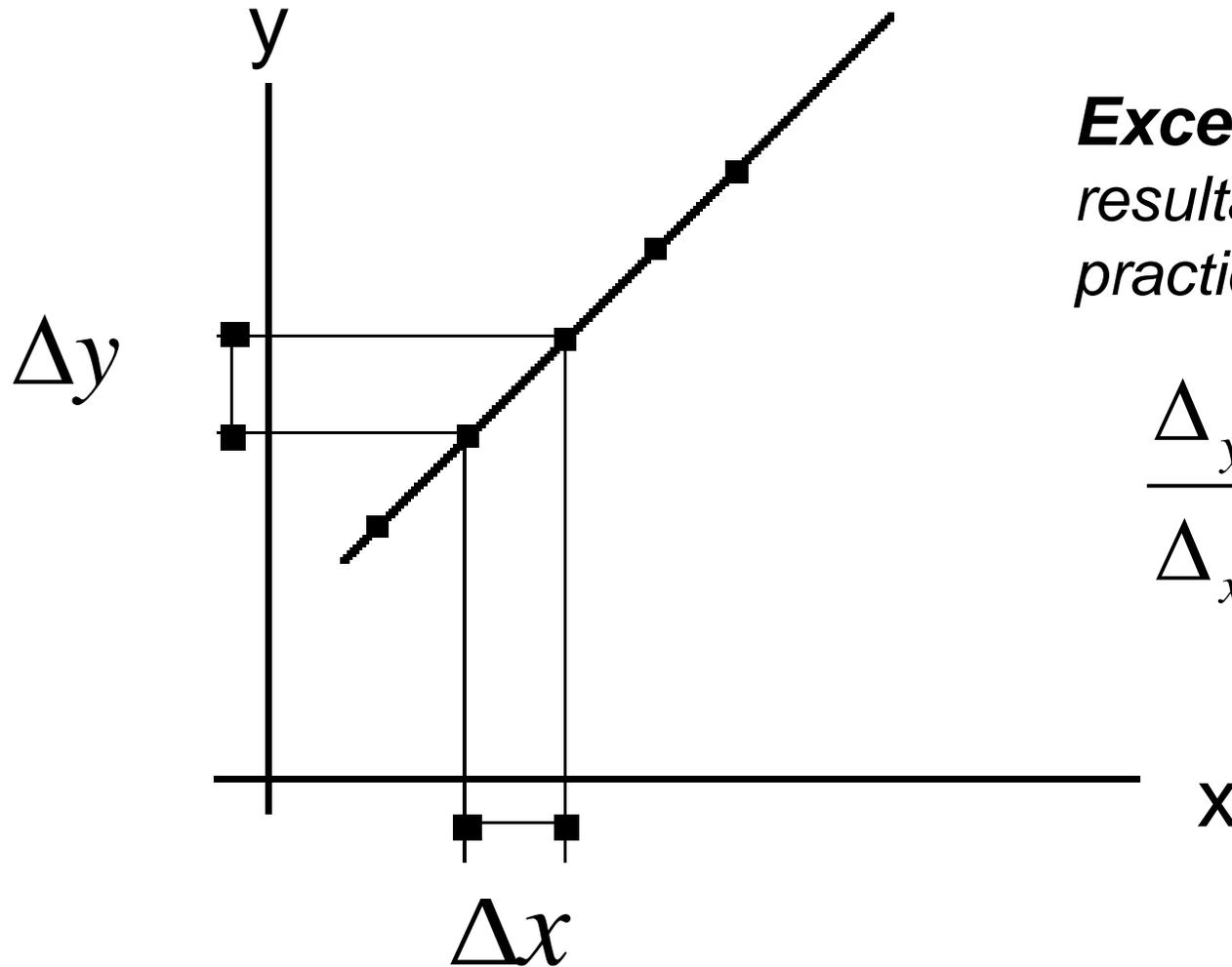
- *Correlación entre dos variables*

 *El factor de correlación “r” define el grado de correlación*

$$r^2 = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

 *El valor cuadrático del factor “r” señala que porcentaje de la variación de una variable puede ser atribuible a la variación observada en la otra*

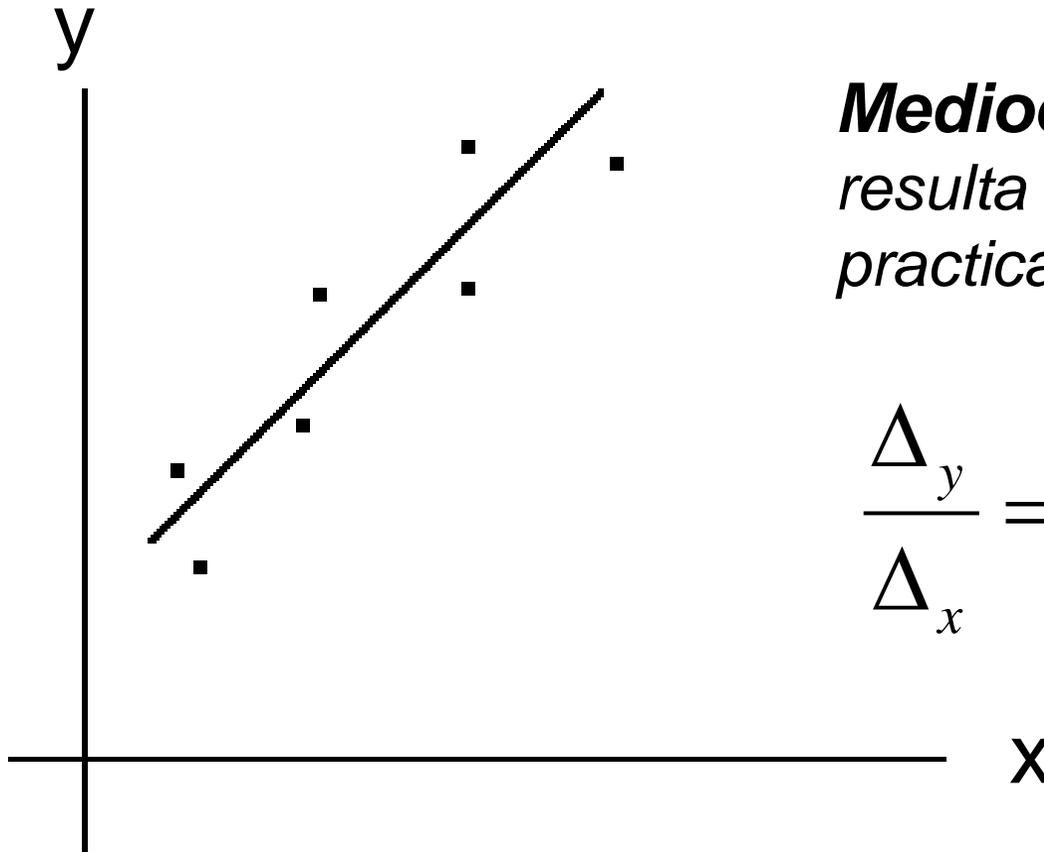
Tipos de correlaciones (1)



Excelente correlación
resulta $r = 1$, lo que en la
practica significa :

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = 1 \text{ (ó 100\%)}$$

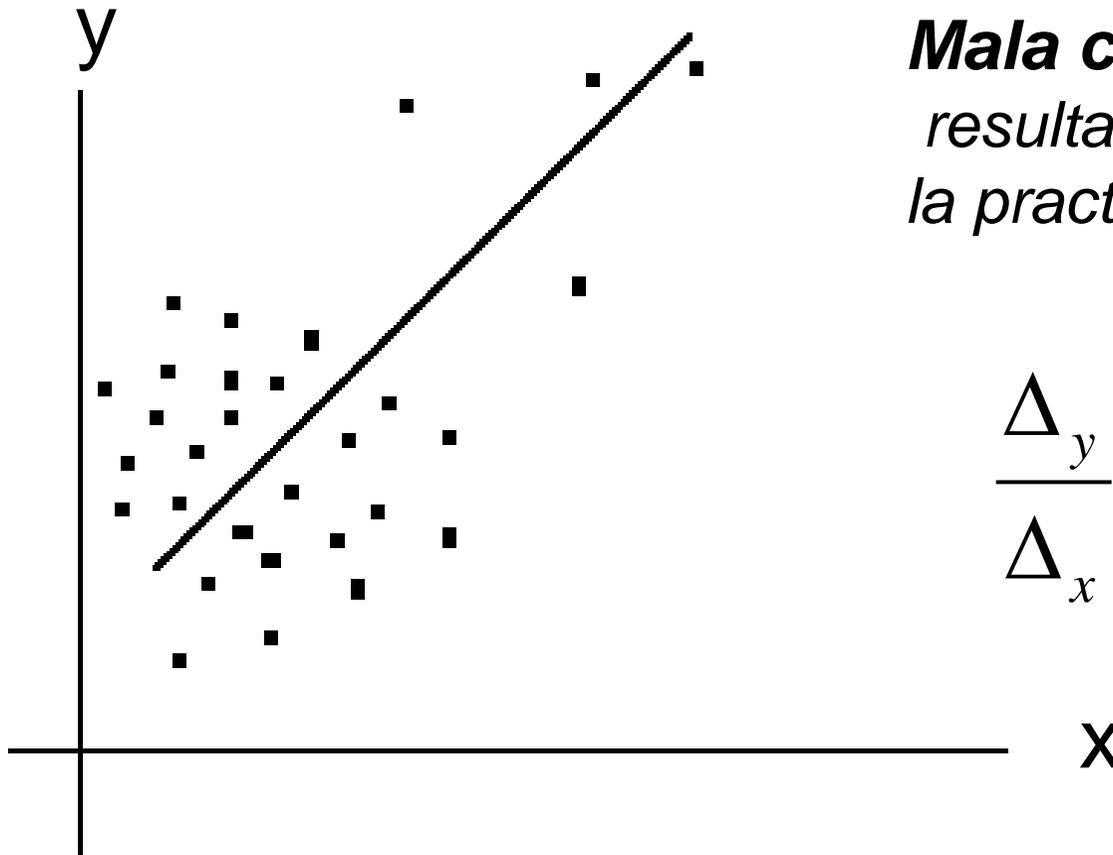
Tipos de correlaciones (2)



Mediocre correlación
resulta $r = 0.8$, lo que en la
practica significa:

$$\frac{\Delta_y}{\Delta_x} = 0,64 \text{ (ó 64\%)}$$

Tipos de correlaciones (3)



Mala correlación
resulta $r = 0.32$, lo que en
la practica significa:

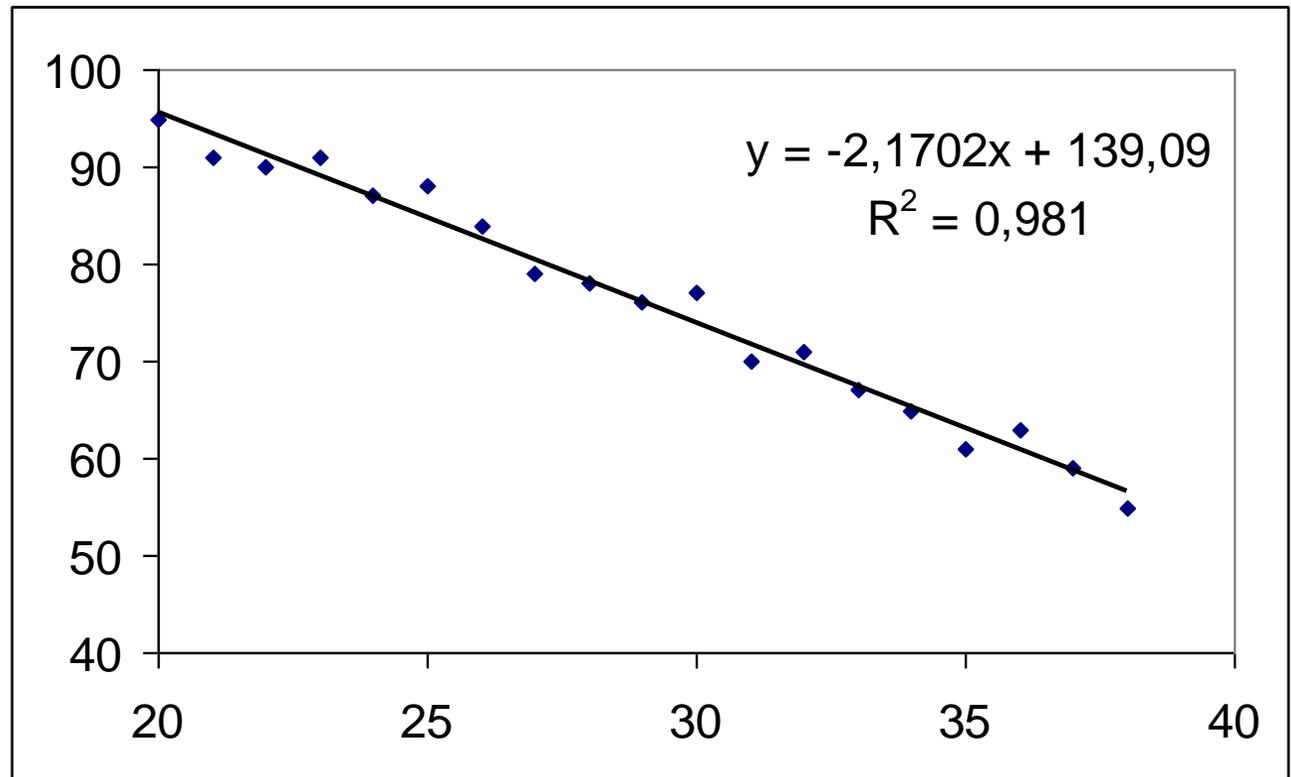
$$\frac{\Delta_y}{\Delta_x} = 0,1 \text{ (ó 10\%)}$$

Ejemplo

El rendimiento de un proceso se presume que varía con la temperatura ambiente.

Ensayar esta hipótesis con la siguiente serie de valores.

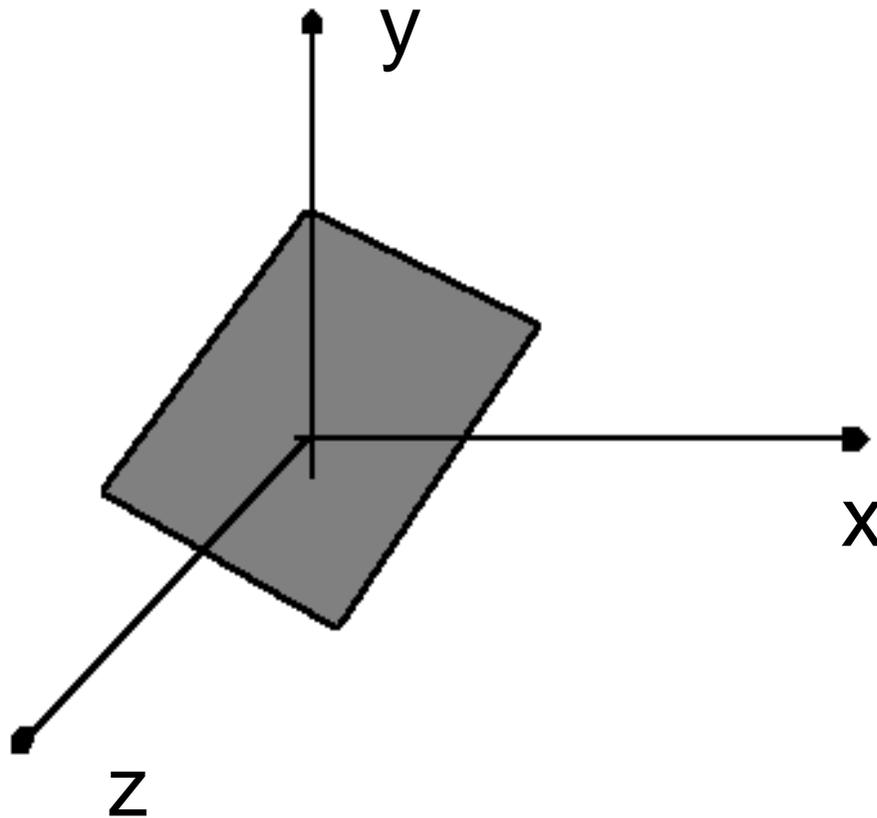
Temperatura	Rendimiento
20	95
21	91
22	90
23	91
24	87
25	88
26	84
27	79
28	78
29	76
30	77
31	70
32	71
33	67
34	65
35	61
36	63
37	59
38	55



Conclusiones del ejemplo

- *Existe un gradiente negativo de 2.17 % del rendimiento por aumento de un grado °C.*
- *Como $r^2 > 0.9$ la correlación entre las variables es aceptable.*

Correlación lineal de tres variables (múltiple)



$$Y = A.X + B.Y + C.Z + D$$

En donde A, B y C son los coeficientes de sensibilidad y "D" una constante.

En Excell se utiliza la "Estimación. Lineal" en el caso de superficies la "Estimación.exponencial", para el cálculo de estos factores de sensibilidad de la correlación entre variables

X1	X2	X3	Y	m3	m2	m1	b
W	Z	X	Y	5	2,3	1,5	6
0,72	1,96	1,98	21,51	2,39915E-15	2,74911E-15	6,69129E-15	1,19571E-14
1,54	0,43	1,17	15,17	1	1,30132E-14	#N/A	#N/A
0,52	0,48	2,71	21,45	1,51759E+30	15	#N/A	#N/A
1,44	2,76	2,47	26,85	770,9760971	2,54013E-27	#N/A	#N/A
0,65	3,24	1,01	19,44				
1,76	1,67	2,30	23,96	5,0	2,5	7,4	#N/A
1,16	2,39	2,86	27,55	0,134088587	0,147635166	0,571784302	#N/A
1,40	3,45	3,25	32,26	0,99	0,72929605	#N/A	#N/A
1,10	3,69	4,78	40,02	716,7749847	16	#N/A	#N/A
1,05	0,10	4,95	32,57	762,4661335	8,509963654	#N/A	#N/A
0,63	2,93	3,58	31,61	4,42	14,32	#N/A	#N/A
0,43	0,21	3,49	24,60	0,544126968	1,655902066	#N/A	#N/A
1,91	2,72	2,84	29,30	0,79	3,04994137	#N/A	#N/A
1,74	3,60	1,85	26,18	65,88156289	17	#N/A	#N/A
1,09	2,04	3,64	30,53	612,839677	158,1364201	#N/A	#N/A
1,65	3,68	0,15	17,70	En la matriz en rojo se elimino (ignoro) la columna "W" se obtiene una variación similar a la correlación simple, se modifica la ecuación y empeora el factor de correlación.			
1,21	2,33	4,46	35,49	Idem en la matriz verde donde se ignoró la columna "Z".			
0,88	1,31	3,69	28,79				
0,34	2,57	1,21	18,47				

$$Y = 1,5 X + 2,3 Z + 5 W + 6$$

$$Y = 2,4 X + 4,8 Z + 8$$

$$Y = 4,23 X + 13,91$$

$$r^2 = 1$$

$$r^2 = 0,99$$

$$r^2 = 0,83$$

Recomendaciones finales

- *No generar redundancias en el control monitoreando la “variable dependiente” y las “independientes” simultáneamente.*
- *Realizar el monitoreo indirecto sobre variables independientes de alto coeficiente de sensibilidad.*
- *Realizar el monitoreo directo a través de variables dependientes.*

Fin Unidad N° 3

La síntesis del funcionamiento de un proceso

Unidad N° 4
El Tablero de Control

Contenido de un tablero

- *Indicadores*

-  *De eficiencia*

-  *De eficacia*

-  *Ocasionales*

Ejemplos de Indicadores de Eficiencia

- *Tiempo de ciclo*
- *Costo*
- *Productividad*
- *Calidad*
 -  *Características relacionadas con los requerimientos críticos del cliente*

Ejemplos de Indicadores de Eficacia

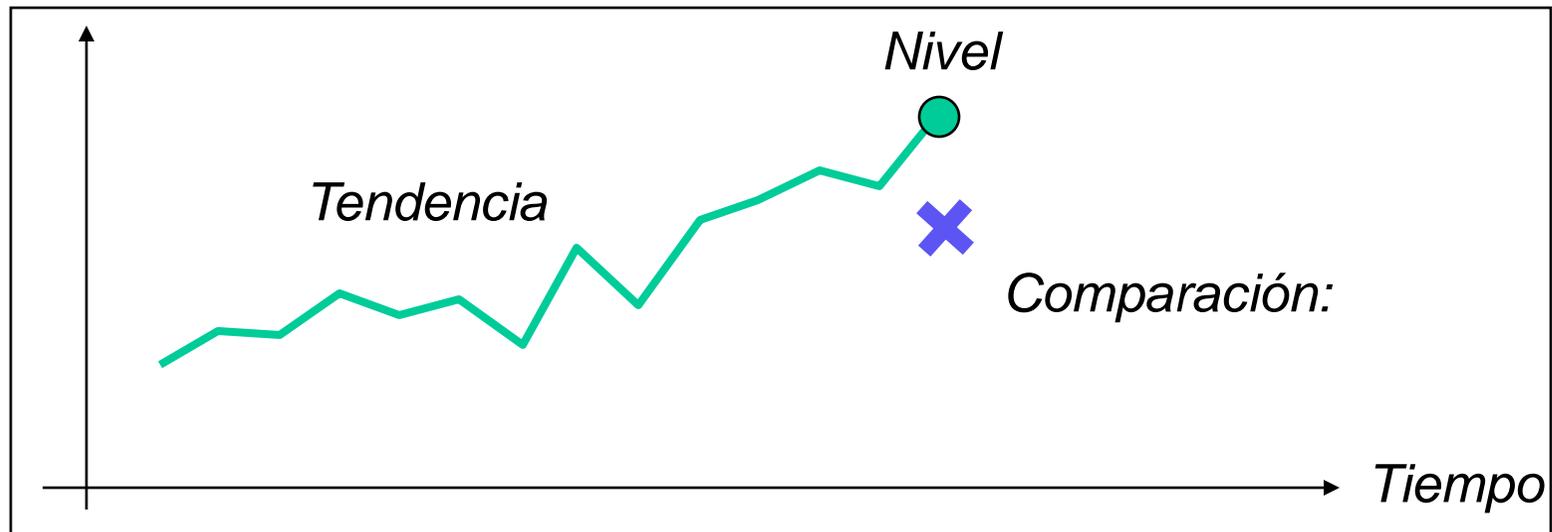
- *Quejas / Reclamos*
- *Devoluciones*
- *Satisfacción del cliente*
- *Lealtad del cliente (o vulnerabilidad)*
- *Medición final de producto / servicio*
 -  *Por ejemplo, tiempo promedio de instalación*

Ejemplos de Indicadores Ocasionales

- *R.V.A. (Relación de Valor Agregado)*
 - ☞ *Relación entre el tiempo en que se agrega valor y el tiempo total del proceso.*
- *Ratios de comparación relativa de indicadores*
 - ☞ *Para la evaluación del proceso comparándolo con indicadores homólogos de la competencia.*
- *Ratios adicionales que surgen de la correlación de indicadores*
 - ☞ *Para la validación de objetivos / indicadores internos con los externos.*

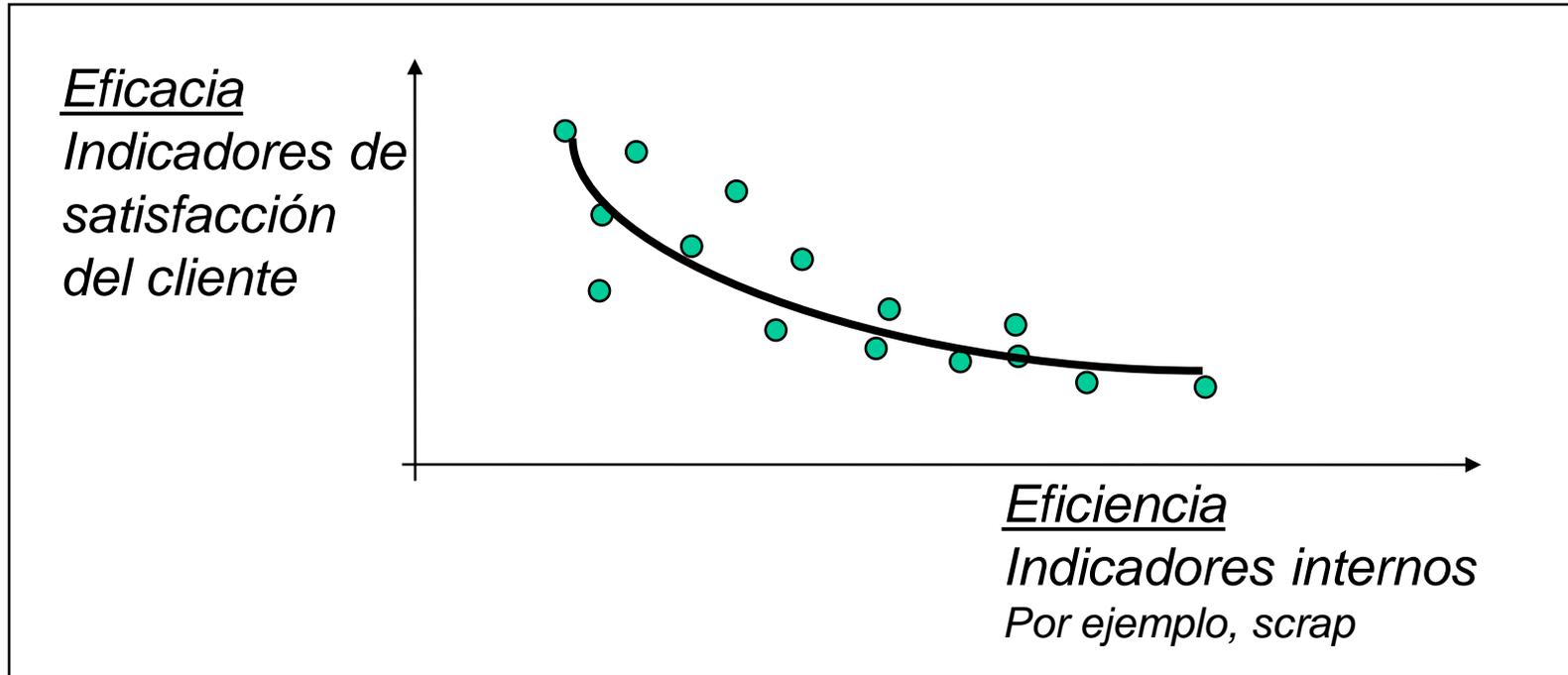
“Formas” del tablero

- *Tablas*
 -  *Indicadores vs. Tiempos*
 -  *Objetivos*
- *Gráficos (preferido)*



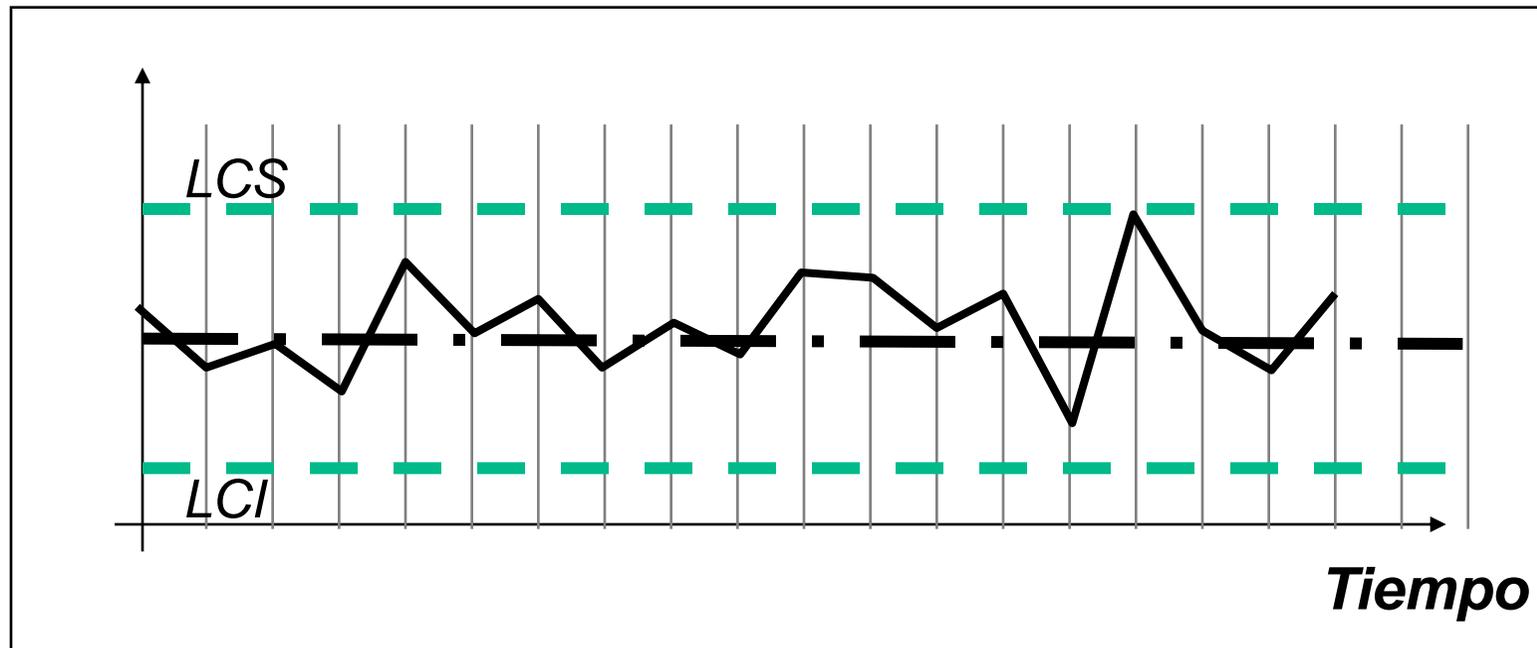
Validación

- *Validar la relación entre los indicadores internos y externos*



Para cada indicador.....

- *Verificar si el proceso está bajo control*



Pasos para realizar un pronostico

- *Suavizar la serie histórica utilizando el método de las “medias móviles” con un intervalo de suavización “m”*
- *Luego realizar una correlación con $r^2 > 0.9$ sobre la serie “suavizada”.*
- *Utilizar la expresión de la correlación para realizar un pronostico*

Ejemplo para $m = 4$

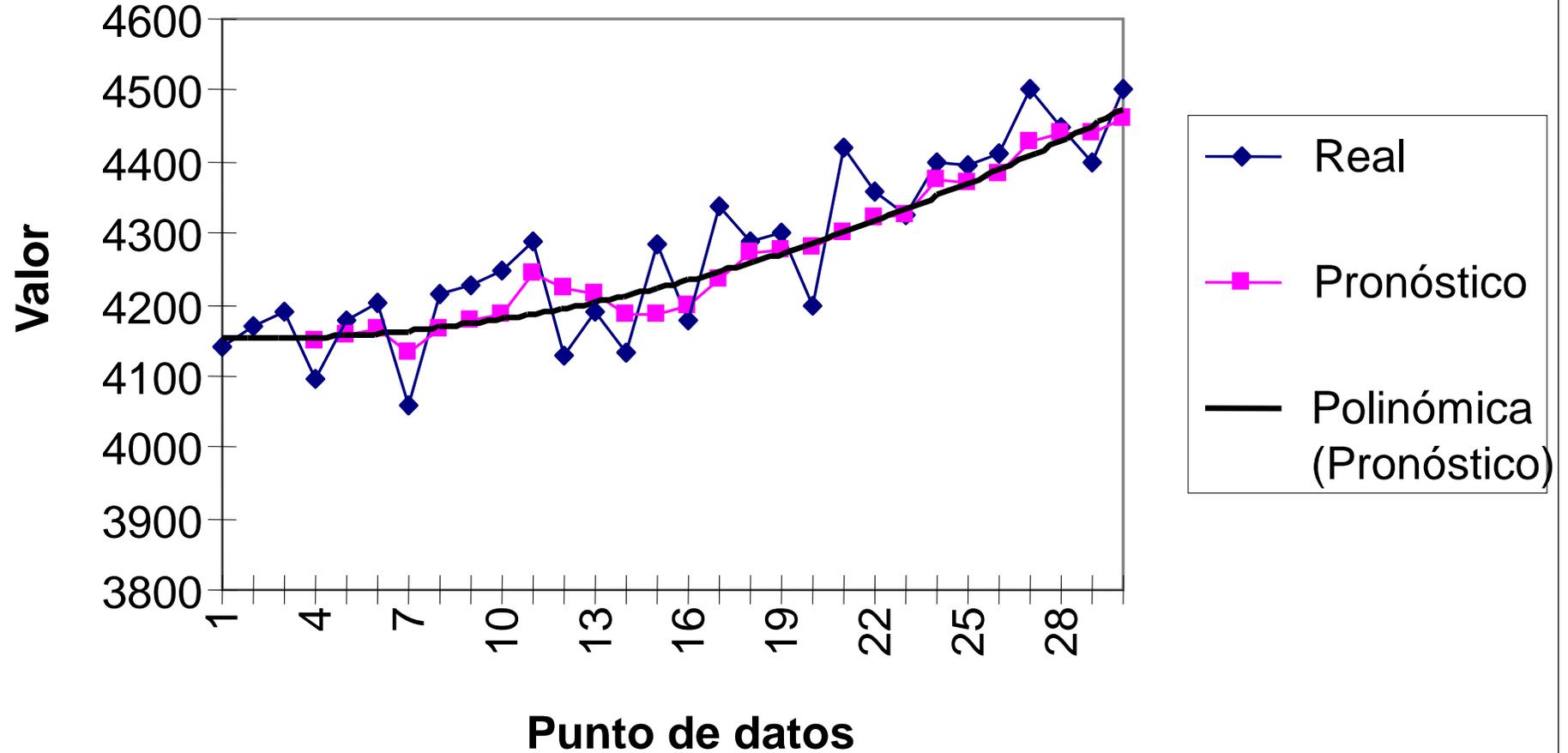
Mes	Producción	Med Movil
Ene-99	4141,8	#N/A
Feb-99	4167,8	#N/A
Mar-99	4190,5	#N/A
Abr-99	4093,7	4148,45
May-99	4176,9	4157,225
Jun-99	4203,4	4166,125
Jul-99	4060,5	4133,625
Ago-99	4214,9	4163,925
Sep-99	4225,1	4175,975
Oct-99	4249,1	4187,4
Nov-99	4286,7	4243,95
Dic-99	4128,9	4222,45
Ene-00	4190,9	4213,9
Feb-00	4133,9	4185,1
Mar-00	4285,7	4184,85
Abr-00	4178,5	4197,25
May-00	4336,6	4233,675
Jun-00	4289,6	4272,6
Jul-00	4299,6	4276,075
Ago-00	4199,8	4281,4
Sep-00	4420,3	4302,325
Oct-00	4356,5	4319,05
Nov-00	4325,6	4325,55
Dic-00	4400,2	4375,65
Ene-01	4395,9	4369,55
Feb-01	4409,9	4382,9
Mar-01	4499,8	4426,45
Abr-01	4450,2	4438,95


$$1^{\circ} \text{ MediaMóvil} = \frac{4141.8 + 4167.8 + 4190.5 + 4093.7}{4} = 4148.45$$

$$y = 0.4X^2 - 1.46X + 4153.4$$

$$r^2 = 0.96$$

Media móvil



Invitación del Club Tablero de Comando

Unirnos para compartir el conocimiento

**Cuando quieras compartir algo tuyo
en toda Iberoamérica, las 6.345 empresas
Socias del Club (19.762 miembros)
te lo van a valorar.**

mario@tablero-decomando.com

www.tablero-decomando.com

Tel/fax: (5411) - 4-855.1189

[Seminario- Taller In Company](#)

mario@tablero-decomando.com