

*Gestion de
Calidad*

23

Inspección y muestreo

ÍNDICE:

23.1 LOS DEFECTOS

23.1.1 Introducción.

23.1.2 Definición de la calidad

23.1.3 El objetivo de los métodos estadísticos de control en los procesos.

23.1.4 ¿Qué causa los productos defectuosos?

23.1.5 ¿Son todos los defectos iguales? ¿Debemos tratar a todos los defectos por igual?

23.1.6 Clasificación de los defectos, muestrario de defectos.

23.2 DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA E HISTOGRAMAS

23.2.1 Población y muestras

23.2.2 ¿Cómo se distribuye los valores de las variables que medimos? ¿Qué frecuencia tiene cada valor que la causa llamada "variación" nos entrega?

23.2.3 ¿Que tipos de variables conocemos?

23.2.4 Distribuciones de frecuencias.

23.2.5 Histogramas

23.3 MEDIDORES DE TENDENCIA CENTRAL Y DE DISPERSIÓN

23.3.1 Media aritmética

23.3.2 Desviación típica

23.3.3 Método de cálculo por compilación

23.4 DISTRIBUCIÓN CONTINUA, O DISTRIBUCIÓN GAUSSIANA, O DISTRIBUCIÓN NORMAL

23.4.1 Comprensión del concepto de Distribución Continua Distribución Normal

23.4.2 Propiedades de la Distribución Normal

23.4.3 Ejercicios de comprensión sobre la Distribución Normal

23.5 GRÁFICAS DE CONTROL

23.5.1 ¿Qué son las gráficas de control?

23.5.2 Tipos de gráficas de control, X - R , pn, y p

23.5.2.1 Gráfico X – R

23.5.2.2 Gráfico np, Gráfico p

23.6 COMO ELABORAR UNA GRÁFICA DE CONTROL

23.6.1 Gráfica X - R

23.6.2 Cálculo de los límites de control

23.6.2.1 Cálculo de límites sin valores especificados

23.6.2.2 Cálculo de los límites con valores especificados

23.6.2.3 Comparación de los Límites Con y Sin Especificaciones.

23.6.2.4 Formato Gráfica \bar{X} - R

23.6.2.5 Algunos casos de lecturas de gráficas de control por variables.

23.6.3 Gráfica np.

23.6.4 Cálculo de los límites de control por atributos.

23.6.5 Formato de gráfico de Control de Proceso por Atributos.

23.6.6 Índice de la Capacidad de Proceso

23.6.7 Los cuatro casos posibles de los límites con y sin especificaciones.

23.7 CALIBRACIÓN

VOLVER

23.1 LOS DEFECTOS

23.1.1 Introducción

Actualmente, todas las empresas modernas saben que lograr un buen nivel de calidad es fundamental para el éxito de su gestión.

La obtención de este objetivo, no solo es importante desde el punto de vista de la competencia, sino también para la satisfacción de las necesidades humanas.

Estas necesidades humanas evolucionan constantemente, hay cada día mayor demanda de mejor precisión, más exactitud, intercambiabilidad, confort, etc. y lo que hoy acepta el consumidor, mañana puede rechazarlo, pues esta demanda de la cual estamos hablando, se perfecciona cada día, y toda empresa que no se adapte a este movimiento continuo corre el riesgo de quedar desplazada a corto plazo.

Para marchar al compás de este ritmo se hacen necesarios mejores instrumentos, maquinarias, métodos, etc., y lo que es más importante, un mejor aprovechamiento de los mismos, es decir, obtener mejor calidad con la misma cantidad de dinero. Para lograr este objetivo debemos recurrir al control estadístico de calidad, como una de las armas más poderosas para la realización de todas estas ideas.

El objetivo de este curso es dar una buena información de la herramientas existentes para el control estadístico de la calidad, pero debemos dejar bien claro que los objetivos de calidad no se logran esgrimiendo solamente estas herramientas estadísticas. Hoy en día, el concepto de **Control Total de Calidad**, enseña claramente que todos los estamentos de la empresa están involucrados en la obtención de la mejor calidad del producto, y que éste objetivo no es, de ninguna manera, responsabilidad exclusiva de los departamentos técnicos especializados en el control estadístico de la calidad, sino de **todos los integrantes de la empresa, desde el más humilde empleado, al más importante de los gerentes.**

VOLVER

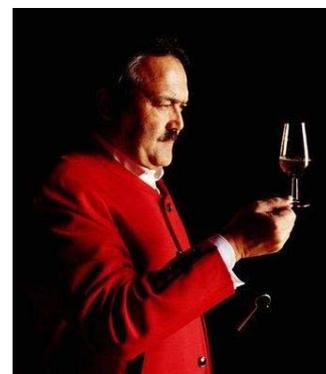
23.1.2 Definición de la calidad

Definiremos dos aspectos de la calidad, la Calidad del Diseño y la Calidad del Producto.

Entendemos por Calidad del Diseño al grado de concordancia entre el diseño y el fin para el cual fue creado, y por Calidad del Producto, al grado de conformidad entre el producto y su diseño.

Los conceptos y métodos que veremos son aplicables al control de calidad del producto, y son, en general, métodos universales, es decir que valen para cualquier producto, ya sean cremas dentales, bebidas gaseosas, tractores, medicamentos o ampolletas.

Un buen nivel de calidad implica un diseño correcto y un producto de acuerdo con su diseño.



VOLVER

23.1.3 El objetivo de los métodos estadísticos de control en los procesos .

La estadística aplicada al control y a la mejora de la calidad es una herramienta imprescindible porque es insustituible y permite reflejar los sucesos.

Podríamos preguntarnos, ¿ qué es un producto defectuoso? o más concretamente, ¿qué es un defecto?

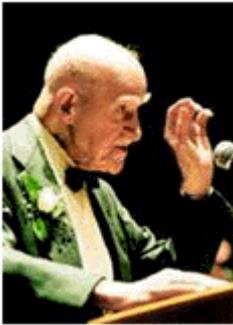
Juran explica lo que es un defecto haciendo un juego de palabras:

" Un defecto es un defecto cuando todos estamos de acuerdo que es un defecto"

Definición tradicional:

Un defecto es el incumplimiento de una característica de calidad respecto de un límite especificado.

Pero, los límites especificados, los determinamos nosotros, previo acuerdo con las partes interesadas o involucradas en el proceso, luego, por carácter transitivo, vale la frase del insigne maestro del control de calidad, Dr. J. M. Juran.



El **Dr. Joseph M. Juran**: es el padre de la moderna **gestión para la calidad**. Nacido en 1904, en Rumanía, el Dr. Joseph M. Juran ha dedicado toda su vida laboral a profundizar en el conocimiento sobre la gestión de la calidad.

Ha escrito **15 libros** y más de **200 artículos**.

La frase "**gestión para la calidad**", fue acuñada por él.

Otra ilustre definición de lo que es un defecto, es la afirmación de Kaoru Ishikawa, quien dice que un defecto es lo que causa insatisfacción al cliente.

(Japón, 1915 – 1989) Teórico de la administración de empresas japonés, experto en el control de calidad. Educado en una familia con extensa tradición industrial, Ishikawa se licenció en Químicas por la Universidad de Tokio en 1939. De 1939 a 1947 trabajó en la industria y en el ejército. Ejerció también la docencia en el área de ingeniería de la misma universidad.



VOLVER

23.1.4 ¿Qué causa los productos defectuosos?

La respuesta universal a esta pregunta es: la variación

La variación en los materiales, en las condiciones de la máquina, en los métodos de trabajo y en las inspecciones. Estas variaciones son las causas de los productos defectuosos. Si no existiera ninguna de esas variaciones, todos los productos serían idénticos y no habría variaciones en la calidad, y no existiría la ocurrencia de productos defectuosos y no defectuosos.

VOLVER

23.1.5 ¿Son todos los defectos iguales? ¿Debemos tratar a todos los defectos por igual?

El sentido común nos dice que no a las dos preguntas. No es lo mismo un defecto considerado leve como ser una imperfección superficial en la etiqueta de un producto, que una medida fuera de especificaciones en un repuesto para motor de automóviles que lo haga absolutamente inservible.

Y consecuentemente, no será el mismo criterio para tolerar la presencia de ambos defectos, y eso dará paso a distintos planes de calidad según el tipo de defecto.

VOLVER

23.1.6 Clasificación de los defectos, muestrario de defectos

Existen distintas maneras de clasificarlos. aquí utilizaremos el siguiente:

Defectos críticos: son aquellos que violan leyes, agreden al consumidor o hacen inservible al producto.

Defectos mayores: producen una disminución en el correcto funcionamiento o utilización del producto y es notado por el consumidor.

Defectos menores: producen una disminución leve en el correcto funcionamiento o utilización del producto, probablemente no lo note el consumidor. Pero si lo nota, el personal calificado de producción y de control de calidad,

Cada tipo de defecto será objeto de un estudio acabado por las partes interesadas y deberá finalizar en un muestrario de defectos, debidamente clasificado por tipo de defecto y firmado por las partes involucradas.

En todos los casos posibles deberá construirse el muestrario con defectos situados justo en los límites de aceptación o rechazo.

VOLVER

23.2.1 Población y muestras



Una población es el total de las unidades que se consideran.

En esta población queremos investigar una característica para conocer su situación relativa con los valores del diseño.

Una muestra es una cantidad estadísticamente calculada de unidades de dicha población, cada unidad deberá ser extraída al azar.

El muestreo estadístico se emplea en los siguientes casos:

- ✓ Siempre que el análisis de un fenómeno o de una situación se realiza a partir de una fracción limitada de la población (o de los posibles casos), se puede hablar de muestreo.
- ✓ Durante el control de la fabricación, cuando se quiere comprobar un medio de producción, pero también en el departamento de recepción de la mercancía para no tener que controlar la totalidad de la partida.
- ✓ En algunos casos es obligatorio juzgar a partir de una muestra para evitar destruir todos los individuos.

23.2.2 Elección del tamaño de las muestras

La elección del tamaño de las muestras es una de las mayores dificultades cuando se diseña un procedimiento de prueba. Estas elecciones siempre son delicadas, puesto que se ha de elegir entre una alta cantidad de muestras que garantice una buena eficacia y una cantidad baja que pueda parecer insuficiente.

Estamos sometidos a:

- ✓ El coste generado por cada individuo tomado.
- ✓ Los plazos y la duración del control.
- ✓ La disponibilidad del individuo.

VOLVER

23.2.2 ¿Cómo se distribuyen los valores de las variables que medimos? ¿Qué frecuencia tiene cada valor que la causa llamada "variación" nos entrega?

Tenemos claro que las variaciones nos producen distintas medidas de una variable, la pregunta es como se distribuyen.

En general siguen un comportamiento llamado gaussiano o normal

De que se trata lo veremos más adelante pero por ahora nos alcanza con comprender que dicho comportamiento significa que los valores más cercanos al valor central, son los que más frecuentemente se repiten, y a medida que nos alejamos del valor central, la frecuencia baja dramáticamente. La gráfica de este comportamiento tiene una forma de campana.

VOLVER

23.2.3 ¿Que tipos de variables conocemos?

Existen dos tipos de variables a considerar, Variables Continuas y Variables Discretas.

Las variables continuas son aquellas que se miden...

y las variables discretas se cuentan.

Las primeras dan origen al control por variables y las segundas al control por atributos.

Las características de calidad que llamaremos variables son todas aquellas que podemos representar por una cifra. Por ejemplo, la medida de un perno, la resistencia de resistores de alambre, el contenido de cenizas en carbón, etc., etc.

Los atributos son aquellas características de calidad no mensurables, cuya dimensión en general no se puede representar con una cifra. Como por ejemplo podemos tomar las imperfecciones visuales de las superficies de los productos, tales como manchas, diferencias de tono, aspectos de una soldadura, etc., etc.

Por fin, debemos tener en cuenta, que tanto los procesos como los lotes terminados pueden ser inspeccionados por atributos o por variables.

VOLVER

23.2.4 Distribuciones de frecuencias

Estudiemos el caso de control por variables, es decir estamos midiendo con un instrumento cuya resolución nos permite medir las variaciones que produce nuestro proceso.

Una vez que el inspector recibe la muestra tomada estadísticamente de la población a valorar, procede a las correspondientes mediciones de cada una de las muestras. Téngase presente que lo más probable es que en cada unidad se hagan varias mediciones por variables y por atributos.

Como resultado de esta acción tendremos una tabla de valores desordenados e incomprensibles. Lo primero que deberemos hacer es clasificarlas de menor a mayor, luego agruparlas en clases siguiendo algún criterio que nos permita acumular los datos dentro de clases, esto es dentro de valores que contengan varios de estos datos.

Supongamos que tenemos la siguiente tabla de valores experimentales:

38	47	54	61	26	35	28	48	53	44
32	52	46	42	63	35	50	38	35	57
49	68	47	45	65	45	25	19	56	58
44	73	50	40	46	76	40	64	36	42

Total, n: 40 datos

Valor mínimo: 19, valor máximo: 76

Rango, $76-19=57$

Número de clases: (cálculo empírico) $\sqrt{40}$

Raíz de 40 y se redondea: 6

Ancho de clase: 9

57 dividido 6 y se lleva al número impar más cercano: 9

El motivo por el cual conviene usar el ancho de clase como número impar es para que la marca de clase sea un número entero igual que los datos que se están estudiando. Si se utilizara un número par, el ancho de clase resulta con un decimal que habría que conservar hasta el final del cálculo y esto es fuente de errores.

Con estos datos procedemos a construir nuestro diagrama de frecuencias, el cual una vez finalizado tiene el siguiente diagrama:

LI	LS	Marca de Clase (mediana) (x)
18	26	$22 \quad (18 + 26) / 2$

27	35	31
36	44	40
45	53	49
54	62	58
63	71	67
72	80	76

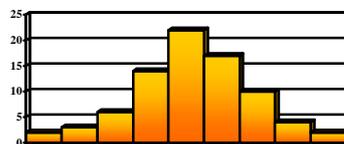
Una vez obtenido este cuadro procedemos al recuento y anotamos la frecuencia:

LI	LS	X	recuento	frecuencia
18	26	22	///	3
27	35	31	###	5
36	44	40	### ///	9
45	53	49	###### //	12
54	62	58	###	5
63	71	67	////	4
72	80	76	//	2
	total		40	40

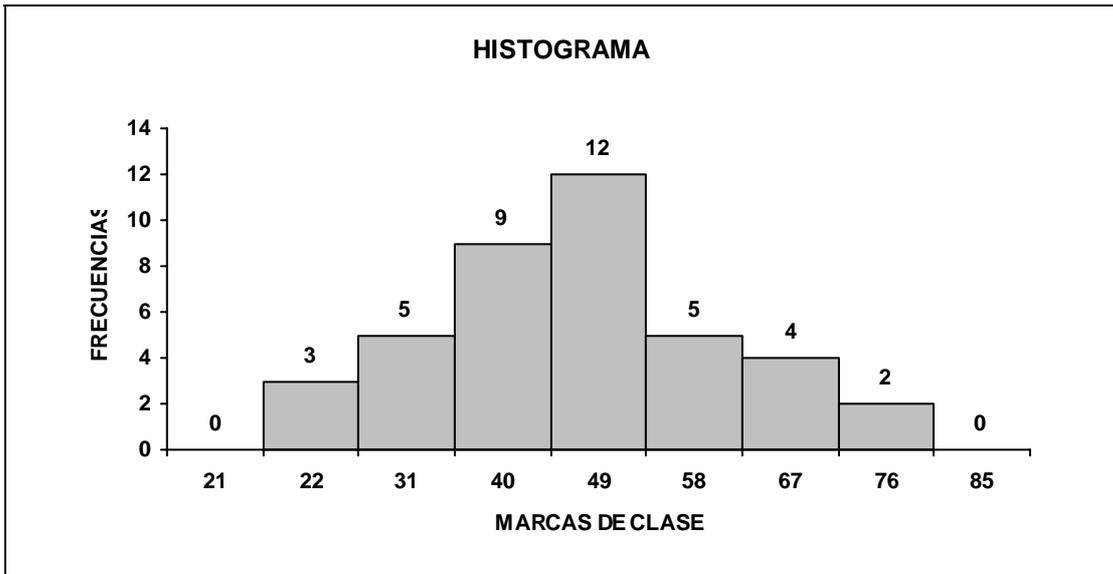
Este cuadro es el diagrama de frecuencias obtenido de los 40 datos obtenidos como variables y agrupados convenientemente en clases, este recuento ya nos está informando de que es lo que pasa con esta variable.

VOLVER

23.2.5 Histograma:



El cuadro anterior puede llevarse a un gráfico como sigue, dando lugar al Histograma:



Medidores de tendencia central y de dispersión

Son varios los medidores de la tendencia central y de la dispersión de una serie de datos experimentales, de ellos estudiaremos los dos más frecuentes y útiles en Control de Calidad, estos son : la Media Aritmética , medidor de la tendencia central, y la Desviación Típica, medidor de la dispersión de los datos alrededor de la Media Aritmética.

El desarrollo de las fórmulas es materia que se entrega durante el desarrollo de las clases.

VOLVER

23.3.1 Media aritmética

Mide la tendencia central.

Se define como Media Aritmética al valor central producto del siguiente cálculo:

$$\bar{X} = \frac{f_1 \cdot X_1 + f_2 \cdot X_2 + \dots + f_k \cdot X_k}{f_1 + f_2 + \dots + f_k} = \frac{\sum_{j=1}^k f_j X_j}{\sum_{j=1}^k f_j} = \frac{\sum fX}{\sum f} = \frac{\sum fX}{N}$$

de donde deriva:

$$\bar{X} = A + c \left(\frac{\sum_{j=1}^k f_j u}{\sum_{j=1}^k f_j} \right) = A + c \left(\frac{\sum fu}{N} \right)$$

VOLVER

23.3.2 Desviación típica

Mide la dispersión de los valores con respecto al valor central.

Se define como desviación típica al valor que surge del siguiente cálculo:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k f_j (x_j - \bar{x})^2}{\sum_{j=1}^k f_j}} = \sqrt{\frac{\sum f(x - \bar{x})^2}{N}} \text{ pues } \sum f = n$$

Esta fórmula puede derivarse mediante sencillos cálculos a esta otra:

$$S = c * \sqrt{\frac{\sum fu^2}{N} - \left(\frac{\sum fu}{N}\right)^2}$$

23.3.3 Método de cálculo por compilación:

X	f	U	fu	fu ²
22	3	-3	-9	27
31	5	-2	-10	20
40	9	-1	-9	9
49	12	0	0	0
58	5	1	5	5
67	4	2	8	16
76	2	3	6	16
			∑fu = -9	∑fu ² = 95

donde: c = 9 y A = 49

Media aritmética: 46,98 Desviación típica: 13.72

Este cálculo tiene un error como consecuencia de suponer a todos los datos dentro de cada clase como iguales.

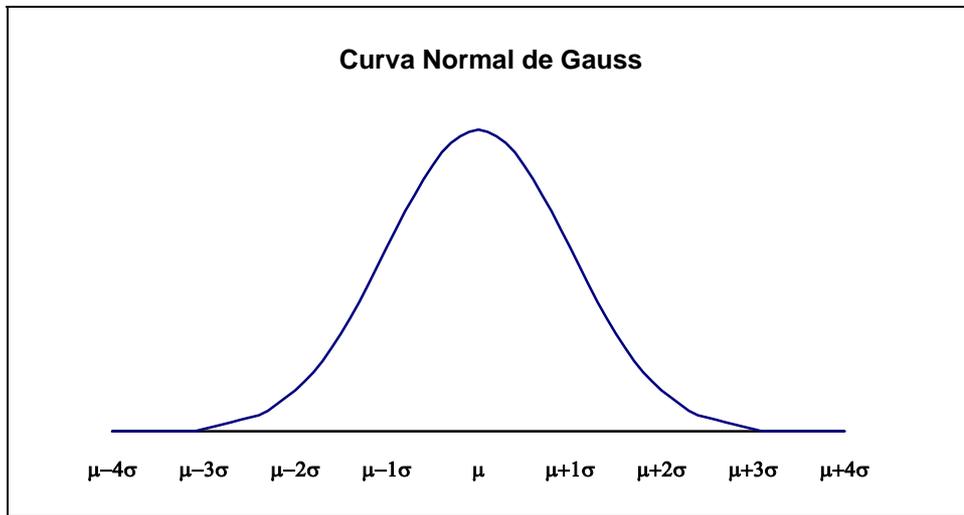
Nota: Los decimales de las respuestas obtenidas, deberán guardar relación con los decimales que tengan los datos, sin embargo, cuando use las calculadoras deberá conservar en cada cálculo, todos los decimales que genera la calculadora, para luego aproximar la respuesta a la cantidad de decimales igual a los que tengan los datos, nunca menos. En particular en estos cálculos es costumbre usar uno o dos decimales más que los datos. Tampoco es correcto usar muchos decimales pues no tienen significado alguno.

VOLVER**23.4 Distribución Continua, o Distribución Gaussiana, o Distribución Normal****23.4.1 Comprensión del concepto de distribución continua, Distribución Normal**

Un histograma se construye a partir de un cierto número de datos. Pero ¿que le pasaría al histograma si continuamos aumentando el número de datos? Si el intervalo de clase se reduce poco a poco a medida que aumenta el número de datos, se obtiene una distribución de frecuencias continua, como límite de una distribución de frecuencia relativa. En realidad es una expresión de la población misma, puesto que se obtiene de un número infinito de datos.

Existen muchas clases de distribución, y una de las más frecuentes es la Distribución Normal. En muchos casos, cuando la variación de una característica de calidad es causada por la suma de un gran número de errores infinitesimales independientes debidos a diferentes factores, la distribución de la característica de calidad se aproxima a una distribución normal. La forma de la Distribución Normal puede describirse como la de una campana.

La siguiente figura muestra la forma de esta distribución:

**VOLVER****23.4.2 Propiedades de la Distribución Normal**

La curva característica queda determinada totalmente por dos parámetros:

$$\mu \quad y \quad \sigma$$

Si bien en este curso no tenemos espacio para desarrollar el concepto de probabilidades, será necesario definir los siguientes puntos:

Un suceso es más o menos probable según la frecuencia con que ocurre. a mayor frecuencia de ocurrencia pasada será mayor la probabilidad de ocurrencia futura.

Los histogramas y los gráficos de frecuencia, también pueden interpretarse como gráficos de probabilidades de ocurrencia. En particular, la Campana de Gauss, o Curva Normal, es una función de probabilidades, y la superficie que se encierra debajo de la curva, y limitada por dos valores de x es directamente una medida de la probabilidad de ocurrencia de un suceso determinado.

Aceptando estos conceptos veremos como se puede hacer los cálculos partiendo de la

Curva Normal. En primer término, la Curva Normal hay que transformarla en lo que se llama forma canónica, esto significa que el cero de las X irá al medio del gráfico. Para lograrlo se usa una variable llamada z y es:

$$z = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma}$$

Esta transformación hace que siempre el valor de la desviación típica, en una curva canónica, sea igual a uno, y el valor de z no es más que un dato medido en relación a su propia desviación. Esto hace que la curva tenga características muy particulares que veremos luego de los siguientes comentarios.

Esta variable depende de datos conocidos, es decir la media de la muestra y su desviación, por lo tanto para determinados valores de x, se hace el cálculo y las tablas dan la respuesta en términos de probabilidad de ocurrencia.

Este punto es muy importante pues de aquí parte todos los criterios de control del control de la calidad.

De todo esto se desprende lo siguiente:

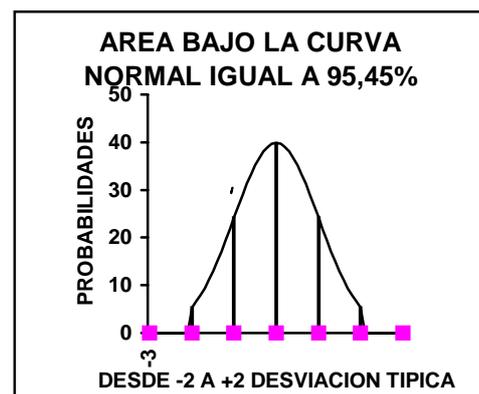
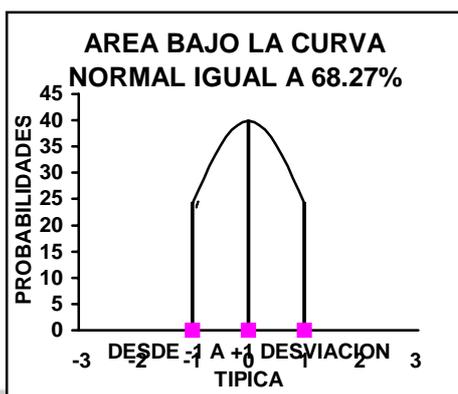
La superficie, y por lo tanto la probabilidad de ocurrencia del suceso, vale:

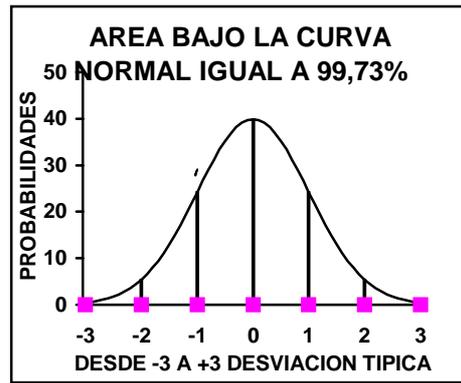
68.27 % para una desviación típica a ambos lados del cero

95.45 % para dos desviaciones típicas a ambos lados del cero

99.73 % para tres desviaciones típicas a ambos lados del cero

Esto se aprecia en los siguientes gráficos:





VOLVER

23.4.3 Ejercicios de comprensión sobre la Distribución Normal.

Los siguientes ejercicios, tienen como objetivo aprender el uso de las tablas de Gauss.

Gauss, Karl Friedrich

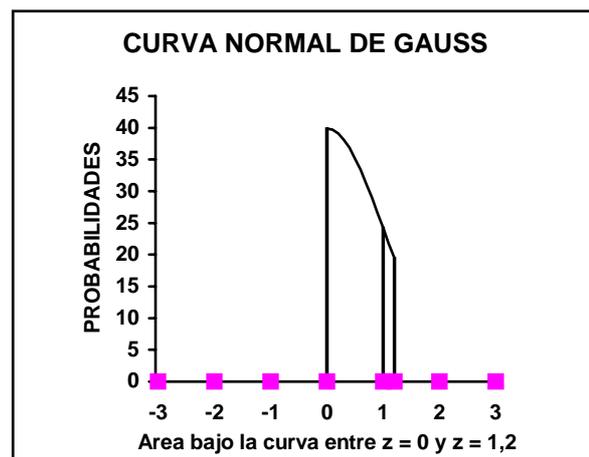
(Brunswick, actual Alemania, 1777 - Gotinga, id., 1855)
Matemático, físico y astrónomo alemán. Nacido en el seno de una familia humilde, desde muy temprana edad Karl Friedrich Gauss dio muestras de una prodigiosa capacidad para las matemáticas (según la leyenda, a los tres años interrumpió a su padre cuando estaba ocupado en la contabilidad de su negocio para indicarle un error de cálculo), hasta el punto de ser recomendado al duque de Brunswick por sus profesores de la escuela primaria.



Ejercicio nº 1

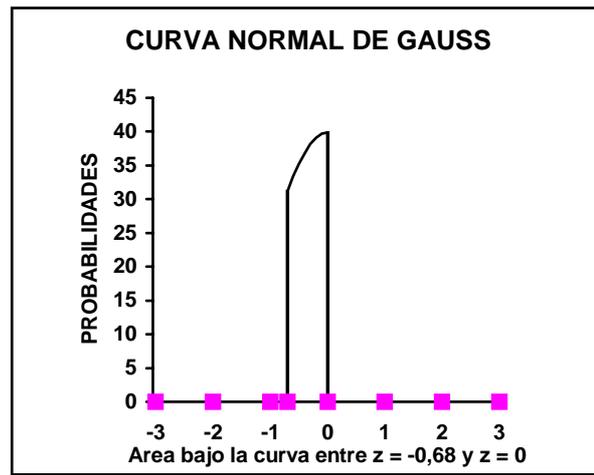
Hallar el área bajo la CURVA NORMAL en cada uno de los 7 casos siguientes:

a) Entre $z = 0$ y $z = 1.20$



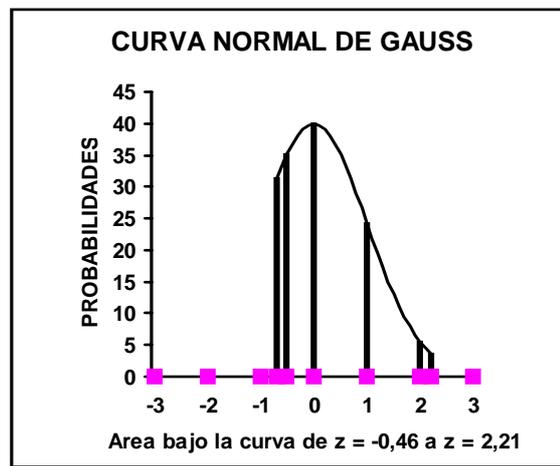
De tablas leemos que para $z = 1,2$ es 0,3849, por lo tanto: $\Pr \{0 \leq z \leq 1,2\} = 0,3849$ Esto significa que el área bajo la curva normal para z entre 0 y 1,2 es del 38.49%

b) Entre $z = -0.68$ y $z = 0$



En tablas se lee para $z = 0,68$ es 0.2518 por lo tanto, $\Pr \{-0,68 \leq z \leq 0\} = 0,2518$ Esto significa que el área bajo la curva, para $z = -0,68$ y $z = 0$ es el 25.18%

c) Entre $z = -0,46$ y $z = 2,21$



En tablas se lee que, para $z = 0,46$ es 0.1772 por lo tanto,

$$\Pr \{-0,46 \leq z \leq 0\} = 0,1772$$

Nótese que en la lectura se prescindió del signo menos.

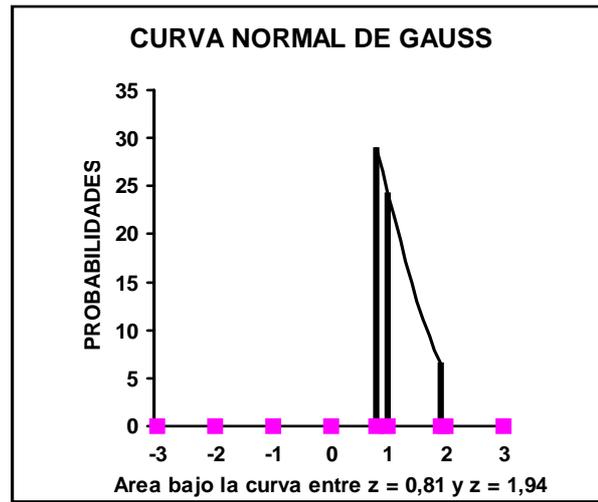
Por otra parte, para $z = 2,21$ se lee 0.4864. lo cual significa :

$$\Pr \{0 \leq z \leq 2,21\} = 0,4864$$

Para encontrar el área total debemos sumar ambos resultados: $0,1772 + 0,4864 = 0,6636$

Esto significa que el área bajo la curva, para $z = -0,46$ y $z = 2,21$ es del 66.36%

d) Entre $z = 0,81$ y $z = 1,94$



Para $z = 0.81$ es 0.2910 por lo tanto, $\Pr \{0.81 \leq z \leq 0\} = 0.2910$

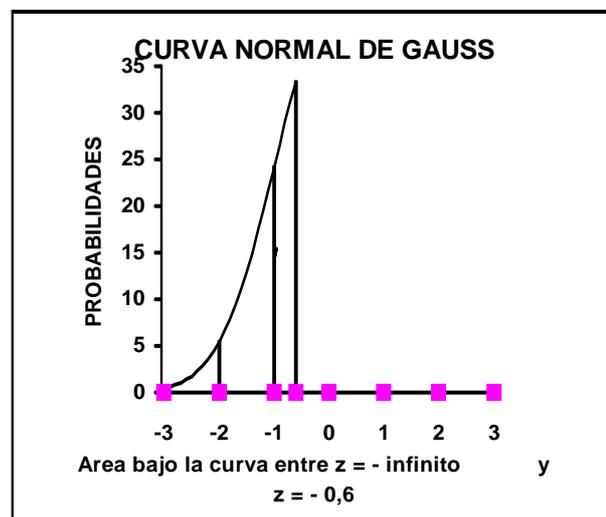
Para $z = 1.94$ es 0.4738 esto es : $\Pr \{0 \leq z \leq 1.94\} = 0.4738$

Para encontrar el área entre los dos puntos elegidos, debemos restar ambos resultados:
 $0.4738 - 0.2910 = 0.1828$

Esto significa que el área bajo la curva, para $z = 0.81$ y $z = 1.94$ es del 18.28%

e) A la izquierda de $z = -0.6$, esto significa, entre $z = -\infty$ y $z = -0.6$

Tener presente que desde $z = -\infty$ y $z = 0$ la superficie bajo el área es 0.5000 (50%)



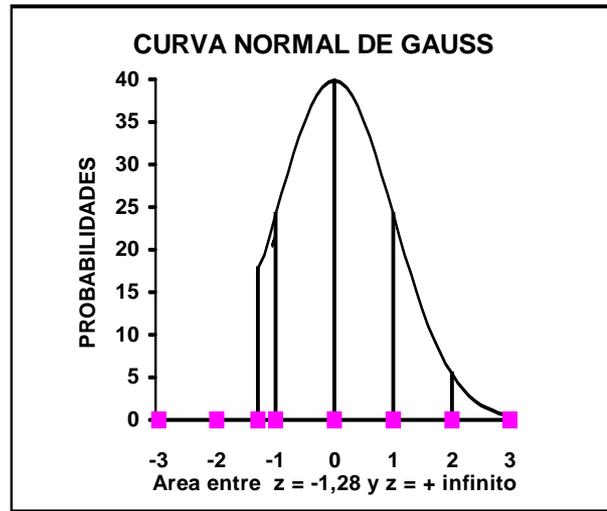
Para $z = 0.6$ es 0.2258 por lo tanto, $\Pr \{0.6 \leq z \leq 0\} = 0.2258$

Para $z = -\infty$ es 0.5000, esto es : $\Pr \{-\infty \leq z \leq 0\} = 0.5000$

Para encontrar el área entre los dos puntos elegidos, debemos restar ambos resultados:
 $0.5000 - 0.2258 = 0.2742$

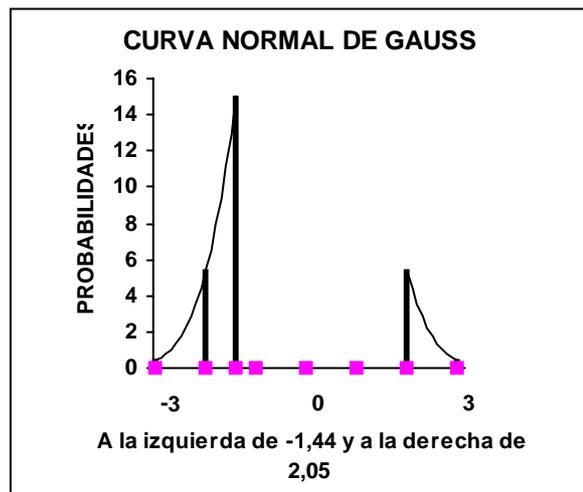
Esto significa que el área bajo la curva, para $z = -\infty$ y $z = -0.6$ es del 27.42%

f) A la derecha de $z = -1.28$, esto es ,entre $z = -1.28$ y $z = +\infty$



Para $z = 1.28$ es 0.3997 por lo tanto, $Pr \{-1.28 \leq z \leq 0\} = 0.3997$. Para $z = 0$ y $z = +\infty$ es 0.5000, esto es : $Pr \{0 \leq z \leq +\infty\} = 0.5000$. Para encontrar el área entre los dos puntos elegidos, debemos sumar ambos resultados: $0.3997 + 0.5000 = 0.8997$. Esto significa que el área bajo la curva, para $z = -1.28$ y $z = +\infty$ es del 89.97%

g) A la derecha de $z = 2.05$, y a la izquierda de $z = -1.44$



Área total bajo la curva = $1 - (\text{área entre } -1.44 \text{ y } 0) - (\text{área entre } 0 \text{ y } 2.05)$

$1 - 0.4251 - 0.4798 = 0.0951$, esto es 9.51%

EJERCICIO Nº 2

Este ejercicio ayuda a entender el uso de los procedimientos anteriores para el cálculo de las probabilidades en eventos reales.

Se recomienda al alumno dibujar las "campanas" e ir identificando las áreas escogidas.

Si los diámetros de las bolillas de rodamientos están normalmente distribuidas con media 0.6140 mm y desviación típica 0.0025 mm determinar el % con diámetro :

a) entre 0.6100 y 0.6180 mm

b) mayores que 0.6170 mm

c) menores que 0.6080 mm

Solución:

$$a) -z = (0.6100 - 0.6140) / 0.0025 = -1.60$$

$$+z = (0.6180 - 0.6140) / 0.0025 = +1.60$$

$$\text{Área solicitada} = \text{probabilidad buscada} = 0.4452 + 0.4452 = 0.8904$$

La probabilidad de que el diámetro de las bolillas se encuentren entre 0.610 y 0.618 mm es del 89.04%

$$b) z = (0.6170 - 0.6140) / 0.0025 = 1.20$$

El área para $z = 1,2$ es 0.3849

$$\text{El área solicitada es } 0.5000 - 0.3849 = 0.1151$$

La probabilidad de que el diámetro de las bolillas sea mayor que 0.617 es del 11.51%

$$c) z = (0.6080 - 0.6140) / 0.0025 = -2.40$$

Para $z = 2.40$ es 0.4918

$$\text{El área buscada es } 0.5000 - 0.4918 = 0.0082$$

Probabilidad = 0.82 %

VOLVER

23.5 Gráficas de Control

23.5.1 ¿Qué son las Gráficas de Control?

En 1924, W.A. Shewhart, propuso una Gráfica de Control para eliminar las variaciones anormales, distinguiendo las variaciones debidas a causas asignables de aquellas debidas a causas al azar, es decir, causas no asignables.

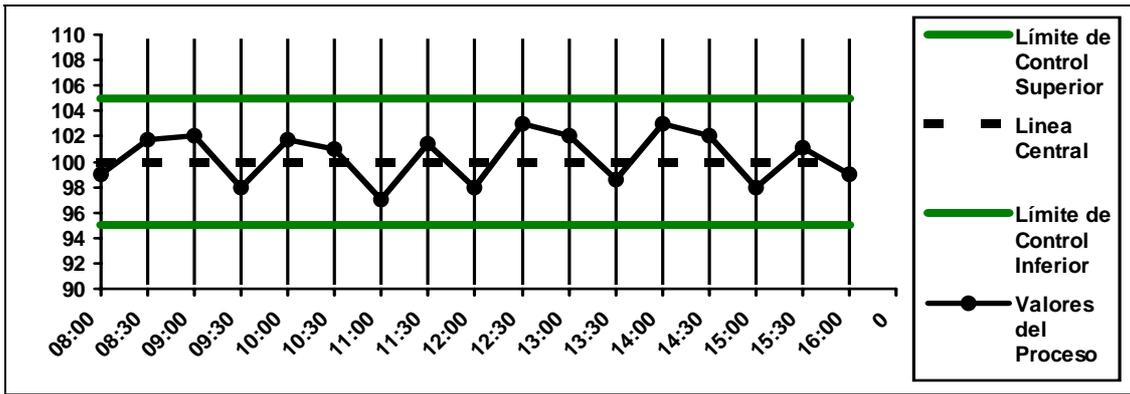


Nació el 18 de marzo de 1891 en New Canton Illinois, USA y falleció el 11 de marzo de 1967 en Troy Hills, New Jersey, USA.

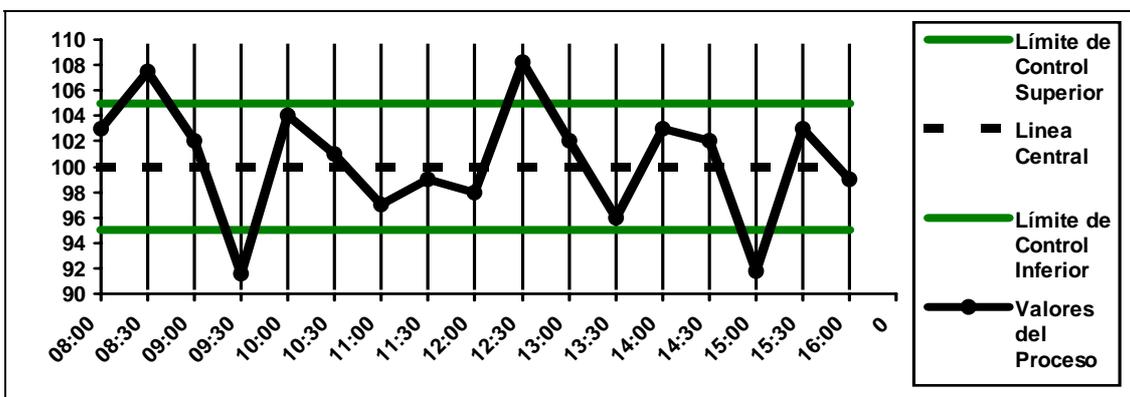
Fue uno de los pioneros de la Gestión Total de la Calidad y la Mejora Continua. Desarrolló el ciclo PDCA junto a su alumno Deming.

Estudió Física en la Universidad de Illinois y trabajó en los laboratorios Bell.

Una gráfica de Control consiste en una línea central, un par de límites de control, uno de ellos colocado por encima de una línea central y otro por debajo, y en ciertos valores característicos registrados en la gráfica que representa el estado del proceso. Si todos los valores ocurren dentro de los límites de control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está en estado controlado. Sin embargo, si ocurren por fuera de los límites de control o muestran una forma peculiar, se dice que el proceso está fuera de control.



Gráfica para estado controlado



Gráfica para estado fuera de control

La calidad de un producto manufacturado por medio de un proceso inevitablemente sufrirá variaciones. Estas variaciones tienen causas y estas últimas pueden clasificarse en los siguientes dos tipos:

Causas no Asignables (Causas debidas al azar)

Las variaciones debidas al azar son inevitables en el proceso.

Tratar de eliminarlas puede resultar estéril y en la mayoría de los casos extremadamente caro. Por otra parte estas variaciones dentro de ciertos límites pueden ser totalmente tolerables y no causan reales disminuciones de la calidad del producto. Estas variaciones se aceptan, se las consideran inherentes al proceso, y por lo tanto son variaciones normales. De hecho, estas variaciones son las que originan la distribución gaussiana que vimos en la primera parte de este curso.

Causas Asignables

La variación debida a Causas Asignables significa que hay factores anormales que deben ser investigados. Estas variaciones no son normales, no pertenecen al proceso y no serán aceptadas.

Las Causas Asignables podrían originar productos defectuosos, (aunque no indispensablemente) es decir, contienen características, que hacen a la calidad del producto, que podrían estar afuera de los límites que establecen las especificaciones de calidad del producto.

El objeto del Control de Calidad Estadístico, de proceso o cualquier otro, es encontrar y separar las Causas Asignables. (Aun cuando no estén causando defectos).

Estas Causas Asignables tienen necesariamente que ser encontradas y eliminadas pues producen una disminución de la calidad del producto.

Cuando los puntos se encuentran fuera de los límites de control o muestran una tendencia particular, decimos que el proceso está fuera de control, y esto es a causa de las Causas Asignables.

¿Cuál es el objetivo de una Gráfica de Control?

El objetivo, como lo indica su nombre, es controlar el proceso, es decir, mantenerlo en estado controlado, para ello debemos hacer una gráfica que en rigor son dos, una para la exactitud, o sea, la gráfica X, y otra, para la precisión, esta es la gráfica R.

El control siempre deberá contener ambas gráficas, es decir, la correspondiente a X y la correspondiente a R. Son insolubles, no pueden existir independientes, no existe control con solo una de ellas. Y cualquiera de las dos que este fuera de control declara al proceso

fuera de control.



Para comprender un proceso, y saber si se encuentra bajo control, deberemos conocer la variación debida al azar, y este conocimiento lo extraeremos, precisamente de las gráficas de control de proceso. Para esto se tomaran pequeñas muestras cada periodos de tiempo preestablecidos, de forma que en cada pequeña muestra los factores de variación sean comunes. Por esta razón las unidades que se toman para cada pequeña muestra deberán ser una a continuación de otra, de esta forma, los factores que varían de unidad a unidad serán mínimos.

Las cantidades a extraer en cada muestra tomada a períodos regulares serán de 3 a 10 unidades siendo las más frecuentes de 3 a 6 y la más recomendable es 5.

Hay varias clases de gráficas de control, dependiendo de su propósito y de las características de la variable. En cualquier tipo de gráfica de control el límite de control se calcula usando la siguiente fórmula:

$$(\text{Valor Promedio}) \pm 3 \times (\text{Desviación Estándar})$$

Donde la Desviación Estándar es la variación debida al azar.

Este tipo de gráfica de control se llama una gráfica de control de 3-sigma.

VOLVER

23.5.2 Tipos de Gráficas de Control

Hay dos tipos de Gráficas de Control, una para valores continuos y otra para valores

discretos. En cada tipo hay varias alternativas para elegir el par de medidores necesarios.

Valor característico	Nombre
Valor continuo	$\bar{X}-R$
	$\bar{X}-\sigma$
	Gráficas $\tilde{X}-R$
	$\tilde{X}-\sigma$
Valor discreto	Gráficas np
	p
	u
	c

La tabla siguiente muestra las fórmulas que deben utilizarse para calcular los límites de control y el valor central, utilizando los medidores \bar{X}, R .

Las tablas donde figuran los factores son provistas en este apunte y son equivalentes a las que se encuentran en la Norma Chilena 42.

Tipo de gráfica de control	limite superior de control (LCS)
	línea central (LC)
	limite inferior de control (LCI)
Valor continuo – promedio \bar{X}	$LCS = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$ $LC = \bar{\bar{X}}$ $LCI = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$
Valor continuo – Rangos R	$LCS = D_4 \bar{R}$ $LC = R$ $LCI = D_3 \bar{R}$
Valor discreto – número de unidades defectuosas pn	$LCs = \bar{p}n + 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$ $LC = \bar{p}n$ $LCi = \bar{p}n - 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}$

23.5.2.1 Gráfica X - R

Esta se usa para controlar y analizar un proceso en el cual la característica de calidad del producto que se está midiendo toma valores continuos, tales como longitud, peso o concentración, y esto proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso. El

valor \bar{X} representa un promedio de una pequeña muestra o subgrupo, y R el rango de dicho subgrupo. Una gráfica \bar{X} debe usarse en combinación con una gráfica R para controlar la variación dentro de un subgrupo.

VOLVER

23.5.2.2 Gráfica pn, Gráfica p

Estas gráficas se usan cuando la característica de calidad se representa por el número de unidades defectuosas o la fracción defectuosa. Para una muestra de tamaño constante, se usa una gráfica pn del número de unidades defectuosas, mientras que una gráfica p de la fracción de defectos se usa para una muestra de tamaños variable. Otros tipos de gráficas por atributos son las gráficas c y las gráficas u.

Luego de los ejemplos que se desarrollarán de gráficas \bar{X} - R se dará un ejemplo de gráfica np.

VOLVER

23.5.3 Especificaciones, Tolerancias, Discrepancias

Antes de entrar a la metodología de elaboración de las gráficas de control, deberemos distinguir claramente lo que son las Especificaciones, con sus Tolerancias y lo que posteriormente llamaremos Límites de Control sin valores Especificados.

	<p>La Especificación y sus tolerancias, son dadas por el cliente o en su defecto el diseñador del producto. La Especificación indica como uno quiere el producto. Cada variable que tenga que ver con la calidad del producto tendrá que tener su correspondiente especificación. Por ejemplo, el largo de un tornillo, el contenido en gramos de un recipiente que contiene un alimento, etc., etc. Ahora bien, tenemos que tener muy claro, que las especificaciones tienen que ver con el producto, con su funcionalidad, su estética, y todo lo que hace a la calidad de dicho producto. Además, se establecen los límites de tolerancia para dichas Especificaciones, dentro de las cuales, el producto se considera Bueno, y se sobreentiende que si se excede dichos límites el producto será defectuoso.</p>
---	--

Un ejemplo de Especificaciones y sus Tolerancias son las siguientes:

Para el largo de un perno: 2,54 mm \pm 0,20 mm

En este ejemplo la Especificación es 2,54, la tolerancia es 0,40 mm (de extremo a extremo) y la discrepancia 0,20mm.

Para el contenido de un envase de crema de leche: 200 c.c. \pm 5 c.c.

La Especificación es 200 c.c., la Tolerancia es 10 c.c. y la discrepancia 5 c.c.

Podríamos hacernos la siguiente pregunta: ¿Porque las tolerancias?

Pues, desde el principio sabemos que los procesos no pueden hacer todos los productos iguales, por ello tenemos que poner límites, de forma que cuando se excedan dichos límites diremos que se producen defectos. . Por ejemplo, un perno con un largo de 2,80 mm o un envase de crema de leche con 193 c.c.

En resumen, a) las Especificaciones y sus tolerancias son puestas con criterios que no

necesariamente tienen relación con los procesos productivos, y, en general obedecen al diseño o a razones estéticas del producto. b) cuando el producto, al medir la variable de una característica, excede la especificación se lo declara defectuoso.

Ahora veamos la máquina y el proceso que tiene que elaborar el producto, hasta ahora sabemos que dichos procesos presenta variaciones que son normales, entonces nos preguntamos:

¿Podrá ser capaz, la máquina de producir nuestro producto dentro de las tolerancias que nos da la Especificaciones que nos entregaron? ¿Será capaz de hacer el producto sin defectos?

Los procedimientos estadísticos que estudiaremos a continuación que responderán esta pregunta se denominan, por esta razón: Capacidad de Proceso o Capacidad de Máquina.

VOLVER

23-5.4 Capacidad de Proceso o Capacidad de Máquina

El estudio de la Capacidad de Proceso consta de una serie de pasos. En primer lugar, se toman una serie de datos del proceso, mediante los cuales se calculan, usando las fórmulas vistas anteriormente, los Límites Naturales del Proceso, que de ahora en más se denominan: Límites de Proceso Sin Valores Especificados. Es decir son los límites normales del proceso, es lo que la máquina "pide" para trabajar normalmente. Estos límites son los que si se trasponen se dice que el proceso esta Fuera de Control, (aunque solo sea un punto). Pero en este cálculo, no han intervenido las especificaciones del producto, y estos entran a jugar después de haber conocido los límites anteriores.

A partir de las Especificaciones y sus tolerancias, y utilizando las fórmulas que se proveen en los adjuntos, se transforman las Especificaciones y sus Tolerancias en lo que desde ahora llamaremos Límites de Proceso Con Valores Especificados.

Estos Límites de Proceso con Valores Especificados, siguen siendo las Especificaciones, solo que traducidas a un modo que puedan ser comparadas a los Límites de Proceso sin Valores Especificados que "pidió" la máquina.

Si el proceso puede trabajar dentro de los Límites con valores Especificados estaremos cumpliendo con las especificaciones y no habrán defectos. Dicho de otra forma, los Límites Con Valores Especificados, "defienden" las Especificaciones.

Una vez que conocemos los límites con y sin especificación, procederemos a comparar ambos juegos de límites, y podremos contestar si el proceso es o no es capaz de producir sin defectos.

Si la amplitud de los límites Con Valores Especificados, es mayor que la amplitud de los límites Sin Valores Especificados, podremos decir que el proceso es capaz de cumplir con lo que se le solicita. Por lo contrario, si la amplitud de los límites Con Especificaciones, es inferior a la amplitud de los límites Sin Especificaciones, diremos que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones y consecuentemente, si se produce, habrá defectos.

Una analogía útil es la siguiente, si los límites Con Valores Especificados, fuera una caja de zapatos, y los límites Sin Valores Especificados, fueran los zapatos, diremos que si la caja es más grande que los zapatos podremos acomodar los zapatos adentro y diremos que el proceso es capaz. Si los zapatos son mas grandes que la caja, éstos no podrán entrar en la caja y en consecuencia, diremos que la Capacidad de Proceso es negativa.

VOLVER

23.6 Como elaborar una gráfica de control

23.6.1 Gráfica X - R

La gráfica para este control se provee en los adjuntos. Se trata de una gráfica que

contiene tres áreas, una para el registro de los datos, la segunda para el control de la exactitud del proceso, y es donde se trazan las medias aritméticas de los datos y por último, al pie del gráfico, el área donde se controla la precisión del proceso, y es donde se ponen los rangos.

La ruta para elaborar una gráfica de control es la siguiente:

Paso 1 Recoja los datos, o sea controle el proceso a intervalos regulares y anote los datos de cada subgrupo.

Paso 2 Calcule los promedios para cada subgrupo,

Paso 3 Calcule el promedio de los promedios.

Paso 4 Calcule R cada subgrupo. (El Rango R es la diferencia entre el mayor y el menor valor de cada subgrupo)

Paso 5 Calcule el promedio de R.

Paso 6 Calcule las líneas de control, usando las fórmulas provistas.

Paso 7 Dibuje las líneas de control.

Paso 8 Localice los puntos en el gráfico y determine si hay puntos que salgan de los líneas de control, ya sea por exactitud o por precisión.

Paso 9 Registre todos los antecedentes de interés.

A continuación se provee de una serie de datos que hipotéticamente fueron extraídos de un proceso que funciona de acuerdo a una distribución normal.

El tamaño del subgrupo será para éste caso de 5 unidades. Este tamaño puede variar de 3 a 10 unidades y la elección del tamaño será una decisión económica, si tengo tiempo y gente para hacerlo, cuanto más grande pueda extraer la muestra, mejor será el control. El mismo criterio vale para la frecuencia, cuanto menos tiempo tarde en realizar otro control, mejor será. Si por limitaciones de disponibilidad de gente, tenemos que elegir entre hacer subgrupos más grandes o extraer subgrupos más frecuentemente, es mejor esto último.

Normalmente, para este tipo de estudios, no deben extraerse menos de 20 subgrupos, ojalá, 25. Pero para no hacer largo nuestro estudio, solo procesaremos 10 muestras de 5 unidades cada una.

Supondremos que la dimensión esta expresada en gramos

A partir de ahora llamaremos muestras a los subgrupos de 5 unidades, si bien se sobreentiende que el total de unidades que se extraiga en el día será la verdadera muestra de nuestra producción.

Muestras extraídos a lo largo del turno:

Hora:	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	65,9	68,2	67,2	67,0	66,8	67,8	68,3	66,9	68,7	67,3
2	67,8	69,1	66,0	67,3	67,6	68,1	68,0	66,6	65,0	68,0
3	65,4	67,7	69,2	67,5	67,4	70,3	67,4	69,4	67,5	67,3
4	66,6	68,3	65,2	67,6	66,0	68,1	68,6	67,2	68,6	68,2
5	67,5	66,9	69,5	68,0	67,6	67,5	68,9	66,8	68,3	68,2
Media	66,6	68,0	67,4	67,5	67,1	68,4	68,2	67,4	67,6	67,8
Rango	2,4	2,2	4,3	1,0	1,6	2,8	1,5	2,8	3,7	0,9

Media aritmética de las medias: 67.6 gr.

Media aritmética de los Rangos: 2.3 gr.

VOLVER

23.6.2 Cálculo de los Límites de Control

23.6.2.1 Cálculo de Límites Sin Valores Especificados

Nota: los decimales a usar en los cálculos deberán guardar coherencia con los decimales que tengan los datos. El alumno deberá usar las calculadoras correctamente, es decir, realizar los cálculos utilizando todos los decimales que genera la calculadora, para luego aproximar la respuesta a los decimales que sean coherentes con los datos.

Para estos cálculos se utilizarán las tablas adjuntas donde figuran los valores de las constantes.

Gráfica X

Para el control de la Exactitud del proceso.

De tablas: $A_2 : 0.58$

=

$LC = X = 67.6 \text{ gr.}$

=

$LSC = X + A_2 R = 67.6 + 0.58 \times 2.3 = 68.9 \text{ gr.}$

=

$LIC = X - A_2 R = 67.6 - 0.58 \times 2.3 = 66.3 \text{ gr.}$

Gráfica R

Para el control de la Precisión del proceso.

De tablas: $D_4 : 2.11$

–

$LC = R = 2.3 \text{ gr.}$

–

$LCS = D_4R = 2.11 \times 2.3 = 4.9 \text{ gr.}$

L I C = Como límite inferior debe tomarse cero, esto simplemente significa que todos los datos podrían ser iguales, por lo cual, el valor máximo menos el valor mínimo es igual a cero, pues son el mismo número.

Los límites calculados, para ambos casos, se trasladan al gráfico, se trazan como líneas destacada a lo largo de todo el ancho del gráfico. Debe destacarse también, las líneas centrales.

Luego se anotan como un punto las medias de los valores de cada subgrupo. Y los rangos. Todos los puntos deben unirse formando una línea quebrada que interpreta el comportamiento del proceso.

Una vez realizado esto se deben destacar los puntos que eventualmente excedan los límites establecidos. Estos puntos, de existir, declaran al proceso fuera de Control, si no los hay, decimos que el proceso está bajo control.

VOLVER

23.6.2.2 Cálculo de los Límites con Valores Especificados

Estos Límites son otra expresión de las Especificaciones, no dejan de ser las Especificaciones, lo que sucede es que tenemos la tarea de querer compararlos con los límites de Control Sin especificaciones, por lo cual, tendremos que "traducir" las especificaciones que son para valores individuales, a límites para subgrupos de n unidades. En nuestro caso $n=5$.

Una especificación la hemos definido como un valor determinado por el cliente o el diseñador y ciertas tolerancia dentro de las cuales el producto continua siendo satisfactorio.

Ejemplo:

PARA EL LARGO DE UN CLAVO 8,0 CM

Supongamos que se establece una tolerancia de 0,2 cm para ambos lados del valor central. De tal forma que expresaremos la Especificación con sus Tolerancias de la siguiente manera:

Especificación: $8,0 \pm 0,2 \text{ cm}$

Para nuestros cálculos llamaremos M a la Especificación y D a la Discrepancia (en este caso 0.2 cm).

Se define como Tolerancia a 2 veces D , en este caso 0,4 cm.

La tolerancia es entonces todo el ancho a través del cual se puede desplazar mi medida sin que constituya defecto.

Para poder establecer la comparación entre el universo verdadero del proceso y los datos de las Especificaciones, tendremos que establecer algunos supuestos básicos, los cuales son:

- a) Que la media del Universo de datos a producir, coincida con la Especificación
- b) Que la amplitud de la Especificación sea capaz de contener adentro del su intervalo la distribución normal de los datos del proceso. Esto significa que suponemos que la Tolerancia es igual a 6σ , o, lo que es lo mismo, que D sea igual a 3σ

$$\bar{x} = M \quad \text{y} \quad \sigma = D / 3$$

De acuerdo con esto, los límites son:

$$\text{LÍMITE SUPERIOR} : M + \frac{D}{\sqrt{n}}$$

$$\text{LÍNEA CENTRAL} : M$$

$$\text{LÍMITE INFERIOR} : M - \frac{D}{\sqrt{n}}$$

Para los intervalos será:

$$\text{LÍMITE SUPERIOR} : D_2 \frac{D}{3}$$

Otros límites para los intervalos, no tienen valor práctico.

Para poder resolver los límites y luego compararlos con los Valores sin Especificación, tendremos que establecer unas Especificaciones para el proceso que hemos ejemplificado antes.

Supongamos que las Especificaciones fueran: 67.8 ± 4.0 gr.

Aplicando las fórmulas anteriores, los resultados son:

Límite Superior Con Valores Especificados: 69.6 gr.

Línea Central: 67.8 gr.

Límite Inferior Con Valores Especificados: 66.0 gr.

Límite Superior para los Rangos: 6.6 gr.

El valor D_2 debe buscarse en tablas, y vale 4.92.

VOLVER

23.6.2.3 Comparación de los Límites Con y Sin Especificaciones. Resultado de la Capacidad de Proceso.

Control de la Exactitud (X)	Sin Especificación	Con Especificación
Límite de Control Superior	68.9	69.6
Línea central	67.6	67.8
Límite de Control Inferior	66.3	66.0
Control de la Precisión (R)		
Límite de Control Superior	4.9	6.6

Comparando los valores de la tabla, y teniendo en cuenta los conceptos explicados, vemos que los límites Con Especificación, tanto para la Exactitud como para la Precisión, son más amplios que los Límites Sin Especificación.

Por esta razón podemos decir que la Capacidad de Proceso es Positiva, es decir el proceso puede cumplir con las especificaciones y por lo tanto esta habilitado el proceso.

(La caja es mas grande que los zapatos)

En Clase deberá discutirse el siguiente tema:

¿Cual de los límites deberán usarse para los días subsiguientes?

En la siguiente página se provee una planilla típica para el control por variables.

VOLVER

23.6.2.4 Gráfica de control de proceso por variables, gráfica \bar{X} - R

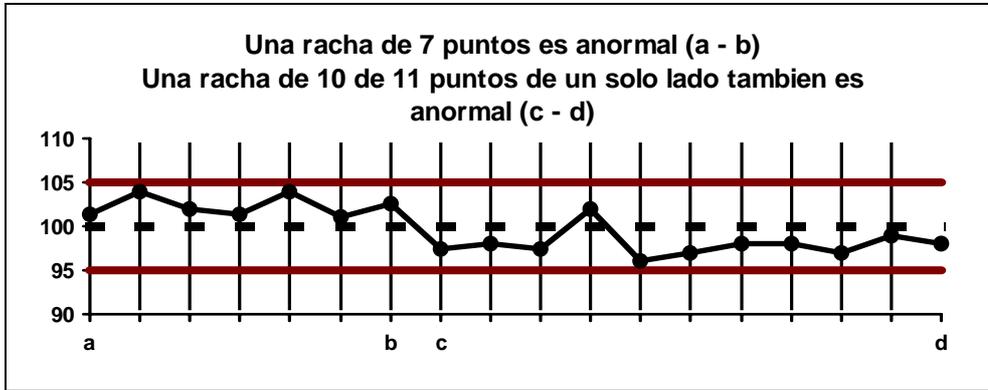
Muestra nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
Suma										
Promedios										
Rangos										

VOLVER

23.6.2.5 Algunos casos de lecturas de gráficas de control por variables.

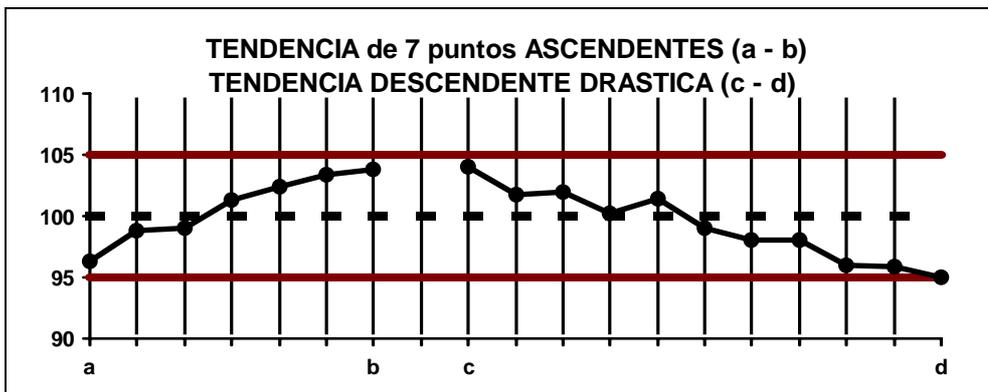
Si bien el objetivo primario de las gráficas es que los puntos se encuentren dentro de los límites, hay ocasiones donde la tendencia o "racha" de los puntos nos anticipa claramente lo que va a suceder si no nos anticipamos.

Una "racha" es cuando hay una sucesión de datos a un solo lado de la línea central, una sucesión de más de siete puntos a un solo lado es estadísticamente muy poco probable. (La probabilidad de 7 puntos es de 0.78%)



Una tendencia es cuando hay una serie de puntos que consistentemente se alinean y evidencian que en algún momento los puntos caerán fuera de los límites.

Estadísticamente las líneas de control nos puede dar más información, pero ese análisis corresponde ya a los especialistas en la materia.



VOLVER

23.6.3 Gráfica np, (gráfica por atributos).

1	100	4	14	100	0
2	100	2	15	100	2
3	100	0	16	100	3
4	100	5	17	100	1
5	100	3	18	100	6
6	100	2	19	100	1
7	100	4	20	100	3

8	100	3	21	100	3
9	100	2	22	100	2
10	100	6	23	100	0
11	100	1	24	100	7
12	100	4	25	100	3
13	100	1	total	2500	68

VOLVER

23.6.4 Cálculo de los límites de control

$$\begin{aligned}
 LCs &= \bar{p}n + 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})} \\
 LC &= \bar{p}n \\
 LCi &= \bar{p}n - 3\sqrt{\bar{p}n(1-\bar{p})}
 \end{aligned}$$

$$\bar{p} = \frac{pn}{kN} = \frac{68}{25 * 100} = 0.0272$$

$$LC = \bar{p}n = 0.0272 * 100 = 2.72$$

$$LSC = 2.72 + 3\sqrt{2.72(1 - 0.0272)} = 7.60$$

$$LIC = 0$$

Los límites calculados se trasladan al gráfico y luego se anotan los valores de cada subgrupo.

VOLVER

23.6.5 Gráfico de Control de Proceso por Atributos.

PRODUCTO:.....

FECHA:.....

CLASE DE DEFECTO A CONTROLAR:

CRITICO	MAYOR	MENOR
---------	-------	-------

VOLVER

23.6.6 Índice de la Capacidad de Proceso

A continuación se desarrolla una manera de calcular si un proceso puede o no satisfacer las Especificaciones que se nos está solicitando cumplir.

Mediante la extracción en el proceso de una muestra adecuada , podremos hacer la distribución de frecuencias y el correspondiente Histograma. Este nos mostrará la forma de la distribución y como consecuencia si el proceso obedece la Distribución Normal.

El la gran mayoría de los casos, la respuesta será positiva. Siguiendo los pasos que se estudiaron oportunamente de este apunte, podemos calcular la Desviación Típica de la muestra obtenida. Si suponemos que esta corresponde también a la población o universo del proceso, podemos hacer el siguiente cálculo, llamado Índice de la Capacidad de Proceso:

$$IC_p = \frac{E_s - E_i}{6\sigma}$$

donde E_s la especificación superior y E_i la inferior, y σ es la desviación típica de la muestra tomada.

De acuerdo a esto podemos evaluar con el siguiente criterio:

Si $1.33 < IC_p$	Tendremos un proceso satisfactorio, capaz de cumplir con las Especificaciones
Si $1.00 < IC_p < 1.33$	Tendremos un proceso poco satisfactorio que podría cumplir con las Especificaciones, aunque probablemente con problemas, pues su variabilidad está muy parecida a la amplitud de las Especificaciones.
Si $IC_p < 1.00$	Tenemos un proceso inadecuado, que con seguridad no podrá cumplir con las Especificaciones.

VOLVER

23.6.7 Los cuatro casos posibles de los límites con y sin especificaciones.

Cuando comparemos la capacidad de nuestro proceso con las Especificaciones que hay que cumplir, nos encontraremos siempre con alguna de las cuatro siguientes situaciones (y solo estas):

- a- El proceso está bajo control y no hay productos defectuosos.
- b- El proceso está bajo control pero hay productos defectuosos.
- c- El proceso está fuera de control pero no hay productos defectuosos.
- d- El proceso está fuera de control y también hay unidades defectuosas.

El primer caso es el que debiera ser todo el tiempo, es decir, un proceso en estado controlado que se desenvuelve correctamente dentro de los límites especificados.

El Índice de capacidad de Proceso deberá ser preferentemente superior a 1.3

El segundo caso, significa que el proceso, aun cuando anda bien, pues está bajo control, por lo tanto no hay causas asignables que buscar y eliminar, pero las especificaciones son muy estrechas para la máquina y no es capaz de cumplirlas. En este caso, el Índice de Capacidad de proceso será inferior a uno y no deberá producirse en estas condiciones.

El tercer caso, significa que los límites de proceso con valores especificados son extremadamente amplios y "soportan" las causas asignables del proceso fuera de control,

sin que estos lleguen a ser defectos. El Índice de Capacidad de Proceso es muy amplio, por ejemplo superior a dos o más.

No debe producirse en estas condiciones, pues la variabilidad puede ser advertida por el cliente y produce una baja imagen del producto, por otra parte es probable que se produzca una pérdida de insumos, o sea de dinero.

Lo que corresponde hacer es reducir la amplitud de los límites especificados a valores de Índice de Capacidad de Proceso cercano , por ejemplo a dos.

O sea, "hay que achicar la caja de los zapatos".

El último caso es el peor de todos y significa que estamos con el proceso inadecuado y la máquina equivocada, y no deberemos producir bajo ninguna circunstancia.

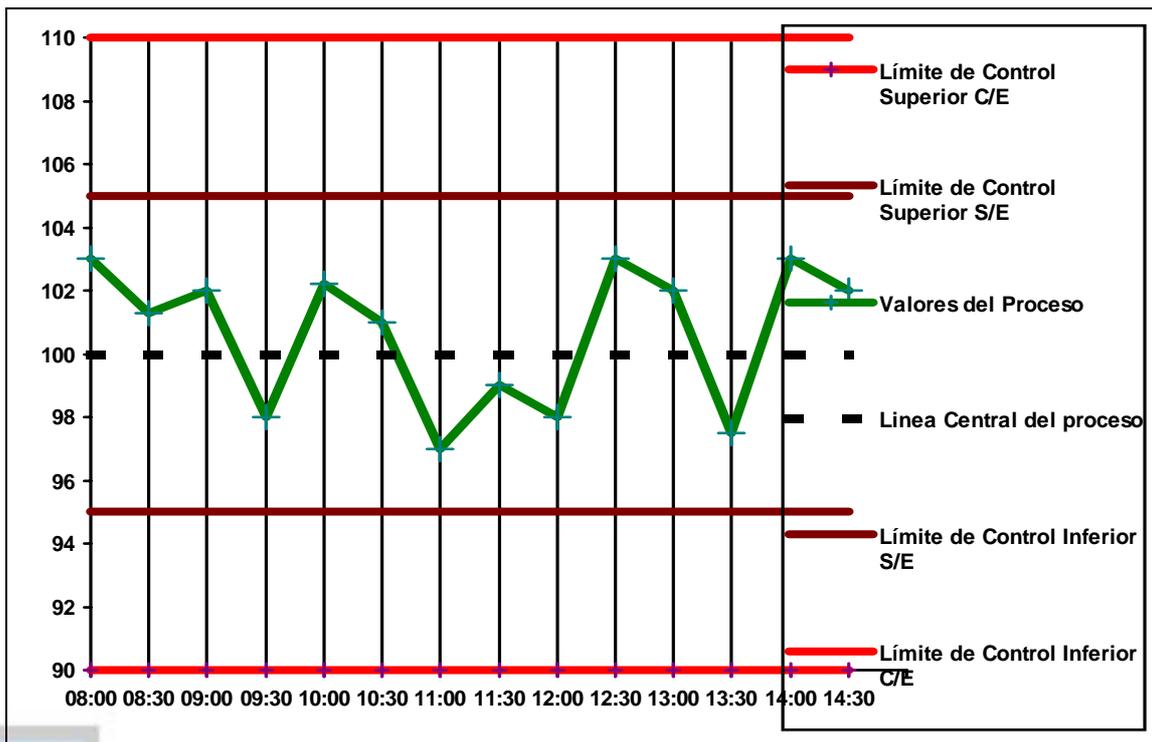
Caso a: El proceso está bajo control y no hay productos defectuosos.

Diagnóstico:

Estado de la gráfica: Bajo control

La distribución satisface las especificaciones

El Índice de Capacidad de Proceso es razonablemente mejor que 1.3



Esta es la situación normal, significa que existe concordancia entre la capacidad de proceso y las especificaciones

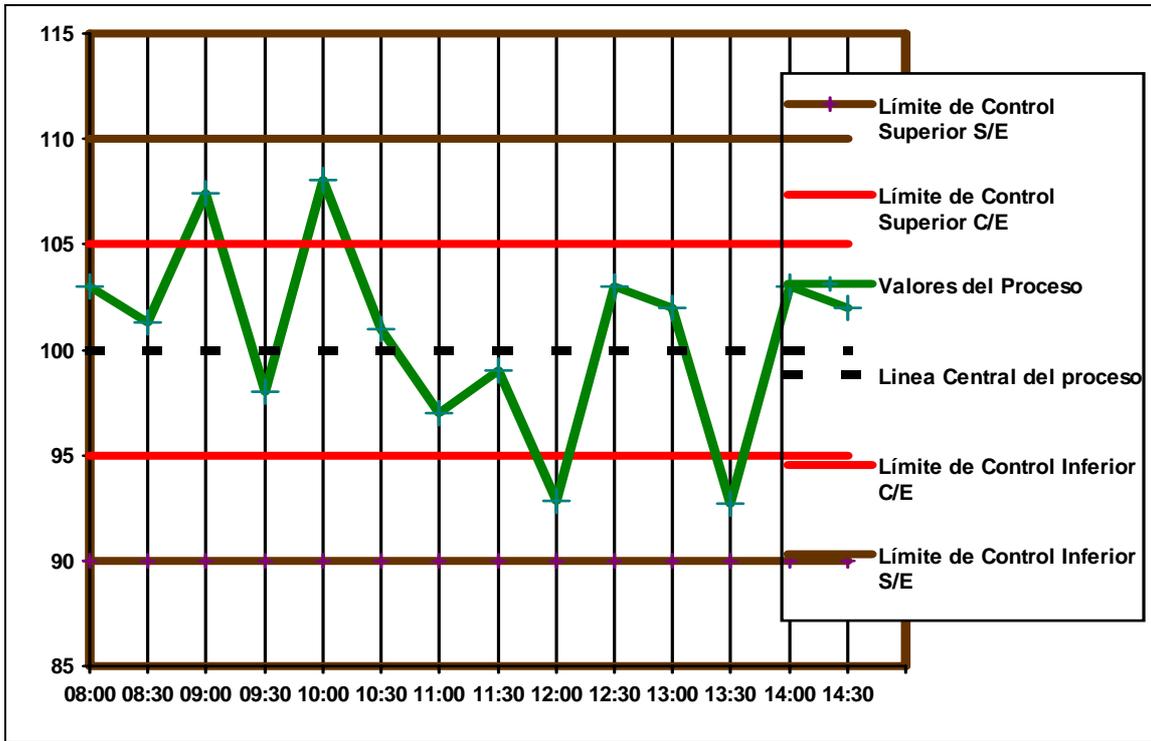
Caso b: El proceso está bajo control pero hay productos defectuosos.

Diagnóstico:

Estado de la gráfica: Bajo control

La distribución no satisface las especificaciones

El Índice de Capacidad de Proceso es menor que uno.



En esta situación no se debe trabajar. El proceso está bajo control pues los valores no superan los límites naturales Sin Especificación, pero exceden los límites Con Especificación. Corresponde mejorar la máquina para que el proceso entre dentro de las especificaciones.

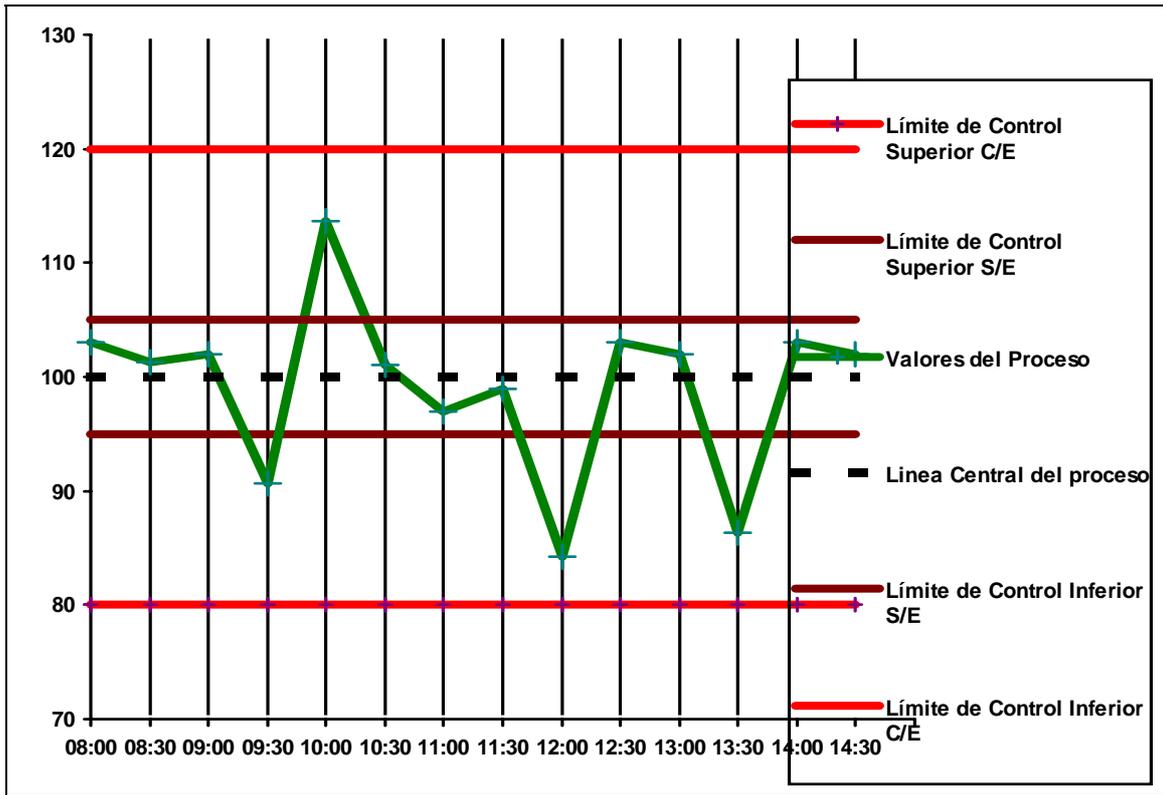
Caso c: El proceso está fuera de control pero no hay productos defectuosos.

Diagnóstico:

Estado de la gráfica: Fuera de control

La distribución satisface las especificaciones

El Índice de Capacidad de Proceso es Muy superior a 1.3, por ejemplo tres.



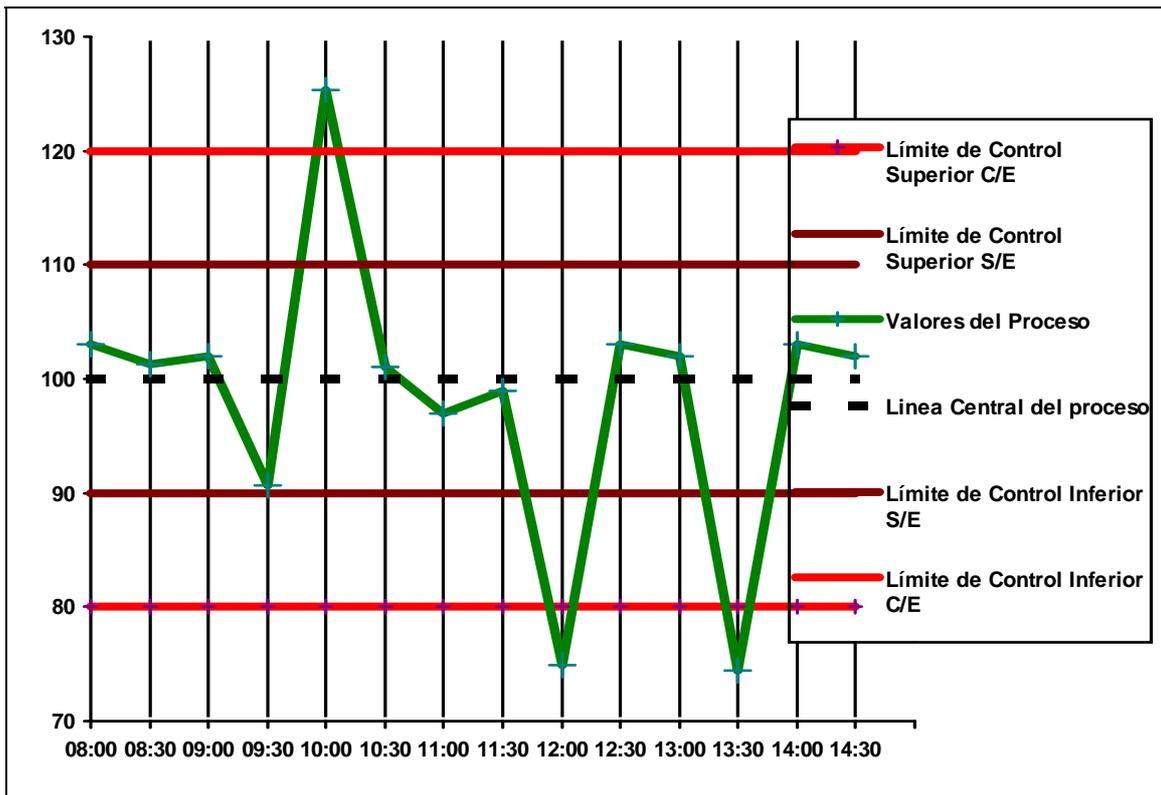
Los límites especificados son muy amplios y soportan que el proceso esté fuera de control, sin que se produzcan defectos pues no se transgreden los límites especificados. Exige una revisión de la máquina y una revisión de los límites especificados que deberán reducirse convenientemente.

Caso d:

Estado de la gráfica: Fuera de control

La distribución no satisface las especificaciones

El Índice de Capacidad de Proceso es inferior a uno.



En este caso se dan todas las condiciones desfavorables. No puede trabajarse en estas condiciones.

VOLVER

23.6.8 Normas españolas sobre estadística

UNE 66002:1982

Control estadístico de la calidad. Vocabulario.

UNE 66006:1974 IN

Manual para el control de calidad durante la fabricación basado en el sistema del gráfico de control. **UNE 66010:1979**

Método de muestreo al azar. Números aleatorios.

UNE 66020-1:2001

Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo para las inspecciones lote por lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA).

UNE 66020-1:2001 ERRATUM

Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo para las inspecciones lote por lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA)

UNE 66020-1:2002 ERRATUM

Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo para las inspecciones lote por lote, tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA).

UNE 66020-2:2001

Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 2: Planes de muestreo para las inspecciones de lotes independientes, tabulados según la calidad límite (CL).

UNE 66022:1983 IN

Inspección por atributos. Guía para el empleo de la norma une 66 020.

UNE 66030:1984

Reglas y tablas de muestreo para la inspección por variables de los porcentajes de unidades defectuosas.

UNE 66040:2003

Interpretación estadística de los resultados de un ensayo. Estimación de la media. Intervalo de confianza.

UNE 66040:2004 ERRATUM

Interpretación estadística de los resultados de un ensayo. Estimación de la media. Intervalo de confianza

UNE 66045:1978

Estimación de la media de un lote. Caso de varianza conocida.

UNE 66046:1978

Comparación de la media de un lote con un valor dado. Caso de varianza conocida.

UNE 66047:1978

Estimación de la diferencia entre las medias de dos lotes. Caso de varianzas conocidas.

UNE 66048:1978

Comparación de las medias de dos lotes.

UNE 66049:1978

Estimación de la media de un lote. Caso de varianza desconocida.

UNE 66050:1978

Comparación de la media de un lote con un valor dado. Caso de varianza desconocida.

UNE 66051:1978

Estimación de la diferencia entre las medias de dos lotes. Caso de varianzas desconocidas pero que se suponen iguales.

UNE 66052:1978

Comparación de las medias de dos lotes. Caso de varianzas desconocidas pero que se suponen iguales.

UNE 66053:1978

Estimación de la varianza o de la desviación típica de un lote.

UNE 66054:1978

Comparación de la varianza o de la desviación típica de un lote con un valor dado.

UNE 66055:1982

Comparación de las varianzas o de las desviaciones típicas de dos lotes.

UNE 66055:1983 ERRATUM

Comparación de las varianzas o de las desviaciones típicas de dos lotes.

UNE 66056:1978

Estimación de la razón entre las varianzas o las desviaciones típicas de dos lotes.

UNE 66057:1978

Comparación de dos medias en el caso de observaciones apareadas.

UNE 66058/1C:1983

Determinación de un intervalo estadístico de dispersión a partir de una muestra.

UNE 66058:1978

Determinación de un intervalo estadístico de dispersión a partir de una muestra.

UNE 66059:1978 IN

Aclaraciones y ejemplos para el empleo de las normas une 66 045 a une 66 056.

UNE 66060:1982

Interpretación estadística de datos. Eficacia de las pruebas relativas a medias y varianzas.

UNE 82009-1:1998

Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 1: Principios generales y definiciones.

UNE 82009-2:1999

Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y la reproducibilidad de un método de medición normalizado.

UNE 82009-3:1999

Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 3: Medidas intermedias de la precisión de un método de medición normalizado.

UNE 82009-4:1999

Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 4: Métodos básicos para la determinación de la veracidad de un método de medición normalizado.

UNE 82009-5:1999

Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 5: Métodos alternativos para la determinación de la precisión de un método de medición normalizado.

UNE 82009-6:1999

Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición. Parte 6: Utilización en la práctica de los valores de exactitud.

VOLVER

23.7 La calibración

Intervalos de calibración

En todos los ámbitos en donde las mediciones son operaciones importantes se siente la necesidad de que los medidores ofrezcan indicaciones fiables, surgiendo la conveniencia de calibrarlos.

Un medidor o accesorio calibrado goza de un valor añadido metrológico; es decir, posee una cualidad que garantiza, con alta probabilidad, la bondad de las mediciones. A tal cualidad se la denomina **bondad metrológica**.

El empleo correcto de un medidor es imprescindible para que mantenga su bondad metrológica, pero ello no constituye una garantía total, dado que esta cualidad no perdura en el tiempo. Los instrumentos de medida por el uso, y sin el, sufren deterioros metrológicos, por lo que caen en un proceso de pérdida de la confianza obtenida en el momento de su calibración es decir se descalibran. Todo esto puede llevar a que el dispositivo quede fuera de los límites de su clase de calibración. Para evitar esto debemos calibrar los equipos a intervalos de tiempo conveniente.

Esta degradación no es uniforme, unos equipos se descalibran por si solos, otros con el uso, unos lo hacen rápido, otros tardan mas tiempo.

Para evitar esto es necesario la definición de **periodos de revisión** adecuados a cada aparato. De la definición de periodo se pasa a la de **intervalo de calibración** que abarca a otros lapsos de tiempo no regulares.

Intervalo de calibración: de un elemento de medición es el lapso de tiempo durante el cual se concede validez a la calibración de dicho elemento.

Durante este lapso de tiempo se ofrece una expectativa, con alto grado de probabilidad, de permanencia de la bondad metrológica del medidor al que se le aplica el intervalo.

Normalmente el intervalo esta expresado en forma de tiempo, pero también es común su expresión en forma de horas de uso u operaciones con el.

Clasificación de medidores.

Desde el punto de vista de lo intervalos de calibración los medidores es pueden clasificar en:

1. Calibración periódica
2. Calibración no periódica: por número de empleos o horas de funcionamiento.
3. No requieren calibración periódica (NRCP): solo se calibran en su recepción y, posteriormente, cuando el operador lo requiera.
4. Calibración antes del uso (CAU): de escaso empleo se calibran solo cuando se usan.

5. No requieren calibración (NRC): son los medidores de simple indicación. A estos es suficiente hacerles una prueba funcional antes de su uso.

Factores de influencia:

Se clasifican en intrínsecos y extrínsecos:

Intrínsecos: tipo de equipo, su historial, la deriva y la clase de precisión.

Extrínsecos: información de la documentación técnica, severidad del uso, experiencia técnica, frecuencia de comprobación metrológica, condiciones ambientales.

Asignación de intervalos:

Dada la gran cantidad de factores que influyen se busca la definición de intervalos idóneos. Este sería una solución de compromiso que trata de satisfacer lo mejor posible a los intereses que intervienen.

Modificación de los intervalos operativos:

El intervalo de un medidor puede acortarse si el metrólogo lo juzga conveniente. Uno de los casos es si el medidor ha sufrido un fuerte ajuste o reparación dos veces en cinco calibraciones sucesivas.

El método es el siguiente: se multiplica el intervalo anterior por el factor 0.75 y al resultado se le podrá aumentar o reducir un número de días tal que resulte un número de meses exacto.

Prorroga transitoria del intervalo:

De forma transitoria se podrá ampliar el intervalo cuando se cumplan las causas siguientes:

1. Que lo solicite el operador o el responsable del departamento o usuario.
2. Que haya evidencia que el instrumento funciona debidamente.
3. Que, una vez analizado el historial del instrumento en cuestión, se estime que éste puede mantener su estado de calibración durante la ampliación.
4. Que el tiempo de prórroga sea de 30 días naturales o como mucho del 25% del intervalo de calibración, eligiéndose el que sea menor de los dos.
5. Que se haga constar en el aparato la prórroga correspondiente.
6. El instrumento de medida no podrá ser usado fuera del periodo de prórroga.

Recalibración no programada.

Un dispositivo de calibración debe ser recalibrado dentro de su periodo de calibración cuando:

El operador tenga dudas acerca de su correcto estado.

Cuando se produzca un manejo inadecuado o sufra circunstancias fuera de las normales.

Relación de intervalos idóneos.

FAMILIA	NOMINAL EN MESES	TOLERANCIA EN MESES
Acelerómetro	15	3
Amperímetro		
Analógico	18	6
Digital	9	3
Pinza:		
Magnética inductiva	12	3
Magnética Hall	9	3
Anemómetro:		
• Molinete	36	12
• Tubo pitot	36	12
Balanza:		
• Analítica	12	3
• Cuanta-piezas	NRCP	-
• De bolsillo	NRCP	-
• De brazos iguales	12	3
• Comparadores de masas	18	3
• De densidad	24	6
• De doble plato	12	3
• Electrónica con plato superior	12	3
• Electrónica de precisión	12	3
• Mecánica de precisión	36	9
• Microbalanza	12	3
• Monoplate	12	3
• Quilatera	12	3
• De resorte	36	9
• Semimicrobalanza	24	6
• Sin plato		
Barómetro:		
• Aneroide	30	6
• De mercurio	30	6
• Electrónico	30	6
Bascula:	24	6
Instrumentos de pesaje	24	6
Caudalímetro:		
• De aguja	15	3
• De turbina	15	3
• De presión diferencial	15	3
• Rotámetro	NRCP	-
Comprobador de aislamiento	24	6
Cronómetro:		
• Digital	NRCP	-
• Mecánico	36	12
Dinamómetro:		
• De anillo	21	6
• Electrónico	24	6
• De llave	21	6
• Mecánico	21	6
• Para medidas dinámicas	36	12
Fotómetro	12	3

Higrómetro:		
• Higrógrafo	48	12
• Indicador (mecánico o digital)	24	6
• Psicrómetro	18	6
• Punto de rocío	12	6

FAMILIA	NOMINAL EN MESES	TOLERANCIA EN MESES
Luxómetro	18	6
Manómetro:		
• Tipo Bourdon	18	6
• Capacitivo	18	6
• De cápsula	18	6
• De columna líquida en U	18	6
• De diafragma	18	6
• De ionización	18	6
• Piezoeléctrico	18	6
• De presión diferencial	18	6
Multímetro:		
• Analógico	15	6
• Digital	12	3
Pesas: juego de	36	12
Regla	24	9
Sistema láser de medición	36	9
Sonómetro	18	6
Tacómetro	24	6
Termómetro:		
• Bimetálico	24	6
• De bulbo	24	6
• De contacto	12	6
• De cuarzo	12	6
• De máxima y mínima	24	6
• De termopar	12	6
• De vidrio	48	6
Transformador:		
• De intensidad	24	6
• De tensión	24	6
Vatímetro:		
• Analógico	24	6
• Digital	12	3
• Radiofrecuencia	15	3
Voltímetro:		
• Analógico	12	3
• Digital	24	6

Ajuste de un instrumento de medida

Operación destinada a llevar un instrumento de medida a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización.

Calibración

Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones.

Corrección

Valor sumado algebraicamente al resultado sin corregir de una medición para compensar un error sistemático.

División de escala

Parte de una escala comprendida entre dos trazos consecutivos cualesquiera.

Desviación estándar experimental

Para una serie de n mediciones de un mismo mensurado, la magnitud s que caracteriza la dispersión de los resultados, dada por la formula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

siendo x_i de la medición número i y \bar{x} la media aritmética de los n resultados considerados

Error de indicación de un instrumento de medida

La indicación de un instrumento de medida menos el valor verdadero de la magnitud de entrada correspondiente.

Incertidumbre de medida

Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente ser atribuidos al mensurado.

Indicación o lectura directa

Valor leído en el dispositivo de visualización o pantalla del instrumento. Dicha lectura puede ser analógica (cuando la visualización es una función continua de la señal de entrada) o digital.

Indicación o lectura indirecta

Valor de salida de un instrumento de medida proporcional al valor de la entrada.

Histéresis

Propiedad de un instrumento de medida cuya respuesta a una señal de entrada determinada, depende de las señales de entrada precedentes. En el caso de un termómetro corresponde a la variación en la indicación del termómetro en función de si ha sido sometido con anterioridad a una temperatura u otra.

Resolución de un dispositivo visualizador

La menor diferencia de indicación de un dispositivo visualizador que puede percibirse de forma significativa.

Trazabilidad

Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena interrumpida de comparaciones teniendo todas las certidumbres determinadas.

Legislación sobre calibración

Disposiciones Generales:

LEY 3/1985, 18 DE MARZO, de Metrología

REAL DECRETO LEGISLATIVO 1296/1986, DE 28 DE JUNIO, por el que se modifica la **Ley 3/1985, de 18 de marzo**, de metrología, y se establece el control metrológico CEE.

LEY 13/1996, DE 30 DE DICIEMBRE, de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social.

LEY 31/1990, DE 27 DE DICIEMBRE, de Presupuestos Generales del Estado para 1991.

LEY 66/1997, DE 30 DE DICIEMBRE, de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social.

RESOLUCIÓN DE 4 DE JUNIO DE 1997, del Centro Español de Metrología, por la que se establecen los precios públicos que han de regir en la prestación de Servicios Metrológicos.

REAL DECRETO 1317/1989, DE 27 DE OCTUBRE, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida.

REAL DECRETO 1737/1997, DE 20 DE NOVIEMBRE, por el que se modifica el **Real decreto 1317/1989, de 27 de octubre**, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida.

REAL DECRETO 648/1994, DE 15 DE ABRIL, por el que se declaran los patrones nacionales de medida de las unidades básicas del sistema Internacional de Unidades.

ORDEN DE 11 DE ABRIL DE 1996, por la que se declaran los patrones nacionales de las unidades derivadas de actividad (de un radionucleido), exposición (rayos X y g), kerma y dosis absorbida.

REAL DECRETO 12/19/1992, DE 2 DE OCTUBRE, por el que se declara al Laboratorio de Fotometría y Radiometría Del Instituto de Óptica "Daza de Valdés" como laboratorio depositario del patrón nacional de intensidad luminosa y laboratorio asociado al centro Español de Metrología.

REAL DECRETO 1308/1992, DE 23 DE OCTUBRE, por el que se declara al Laboratorio del Real Instituto y Observatorio de la Armada como laboratorio depositario del Patrón Nacional del Tiempo y laboratorio asociado al Centro Español de Metrología.

REAL DECRETO 533/1996, DE 15 DE MARZO, por el que se declara al Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), como laboratorio depositario de los patrones nacionales de las unidades derivadas de actividad (de un radionucleido), exposición (rayos X y g), kerma y dosis absorbida, y como laboratorio asociado al Centro Español de Metrología.

REAL DECRETO 1616/1985, DE 11 DE SEPTIEMBRE, por el que se establece el Control Metrológico que realiza la Administración del Estado.

REAL DECRETO 914/2002, DE 6 DE SEPTIEMBRE, por el que se regula el Registro de

Control Metrológico.

REAL DECRETO 1617/1985, DE 11 DE SEPTIEMBRE, por el que se establece el procedimiento para la habilitación de "laboratorios de verificación metrológica oficialmente autorizados"

REAL DECRETO 597/1988, DE 10 DE JUNIO, por el que se regula el Control Metrológico CEE.

TRIBUNAL CONSTITUCIONAL. PLENO. SENTENCIA 236/1991, DE 12 DE DICIEMBRE.

TRIBUNAL CONSTITUCIONAL. PLENO. SENTENCIA 100/1991, DE 13 DE MAYO.

LEY ORGÁNICA 9/1992, DE 23 DE DICIEMBRE, de transferencias de competencias a las Comunidades Autónomas que accedieron a la autonomía por la vía del artículo 143 de la Constitución.

LEY ORGÁNICA 4/1996, DE 30 DE DICIEMBRE, de reforma de la Ley Orgánica 10/1982, de 10 de agosto, de estatuto de autonomía de Canarias.

ORDEN de 28 de diciembre de 1999, por la que se declaran los patrones nacionales de las unidades derivadas de ángulo plano, densidad de sólidos, fuerza, presión y volumen.

Disposiciones Específicas:

Área de Longitud

ORDEN DE 30 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan las medidas materializadas de longitud (B.O.E. 27.01.89).

Directiva marco: 73/362/CEE **Modificaciones:** 78/629/ CEE; 85/146/ CEE

Área de Masa/Presión

ORDEN DE 28 DE JUNIO DE 1974 por la que se dispone la aprobación de la Norma Metrológica referente a "Pesas de clases de precisión E1, E2, F1, F2, y M1 de 1 mg a 50 kg" (B.O.E. 17.09.74).

Directiva marco: 74/148/CEE

ORDEN DE 28 DE JUNIO DE 1974 por la que se dispone la aprobación de la Norma Metrológica referente a "Pesas paralelepípedas de 5 kg clase M2" (B.O.E. 17.09.74)

Directiva marco: 71/317/CEE

ORDEN DE 28 DE JUNIO DE 1974 por la que se dispone la aprobación de la Norma Metrológica referente a "Pesas cilíndricas de 1 g a 10 kg clase M2" (B.O.E. 17.09.74)

Directiva marco: 71/317/CEE

REAL DECRETO 703/1988 DE 24 DE JUNIO por el que se aprueba la Norma General para el control del contenido efectivo de los productos alimenticios envasados (B.O.E. 08.07.88).

Directiva marco: 75/106/CEE

Modificada: 78/891/CEE; 79/1005/CEE; 85/110/CEE; 88/316/CEE

Directiva marco: 76/211/CEE

Modificada: 78/891/CEE

ORDEN DE 28 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan los manómetros para neumáticos de los vehículos automóviles (B.O.E. 24.01.89).

Directiva marco: 86/217/CEE

ORDEN DE 25 DE ABRIL DE 1995 por la que se regula el control metrológico de los manómetros de uso público para neumáticos de los vehículos automóviles en sus fases de verificación después de reparación o modificación y de verificación periódica (B.O.E. 19.05.95)

ORDEN DE 16 DE ENERO DE 1996 por la que se regula el control metrológico del Estado de los manómetros electrónicos de uso público para neumáticos de los vehículos automóviles (B.O.E. 30.01.96) y corrección de erratas (B.O.E. 22.03.96).

Área de Electricidad

REAL DECRETO 875/1984 DE 28 DE MARZO por el que se aprueba el Reglamento para la aprobación y verificación primitiva de los contadores de inducción de uso corriente (clase 2) en conexión directa, nuevos, a tarifa simple o a tarifa múltiple, destinados a la medida de energía activa en corriente monofásica y polifásica de frecuencia de 50 Hz (B.O.E. 12.05.84).

Directiva marco: 76/891/CEE

Modificada: 82/621/CEE

Área de Temperatura

ORDEN DE 30 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan los termómetros clínicos de mercurio, en vidrio y con dispositivo de máxima (B.O.E. 27.01.89)

Directiva marco: 76/764/CEE

Modificaciones: 83/128/CEE; 84/414/CEE

ORDEN DE 2 DE SEPTIEMBRE DE 1996 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los registradores de temperatura en el transporte de productos ultracongelados para el consumo humano (B.O.E. 20.09.96).

Área de Fuerza

ORDEN DE 6 DE JULIO DE 1988 por la que se aprueba la Norma Metrológica de Células de Carga (B.O.E. 15.07.88).

ORDEN DE 28 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que regulan las seleccionadoras ponderales automáticas (B.O.E. 03.03.89).

Directiva marco: 78/1031/CEE

ORDEN DE 30 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan los instrumento de pesaje de totalización continua (B.O.E. 03.04.89).

Directiva marco: 75/410/CEE

ORDEN DE 24 DE NOVIEMBRE DE 1992 por la que se regula el control metrológico de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (B.O.E. 18.12.92).

Directiva marco: 90/384/CEE

Directiva modificada: 93/68/CEE

ORDEN DE 22 DE DICIEMBRE DE 1994 por la que se regula el control metrológico CEE de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (B.O.E. 3.01.95) y corrección de errores (B.O.E. 6.02.95).

ORDEN DE 4 DE JULIO DE 1995 por la que se regula el control metrológico de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático del tipo básculas-puente instaladas en un lugar fijo o consistentes en plataformas móviles en sus fases de verificación después de reparación o modificación y de verificación periódica (B.O.E. 15.07.95) y corrección de erratas (B.O.E. 6.09.95).

ORDEN DE 27 DE ABRIL DE 1999 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático, en sus fases de verificación, después de reparación o modificación y de verificación periódica (B.O.E. 08.05.99).

Área de flujo

ORDEN DE 27 DE ENERO DE 1975 por la que se dispone la aprobación de la Norma Metrológica Nacional referente a "Jeringas médicas en cuerpo de vidrio" (B.O.E. 06.03.75)

ORDEN DE 15 DE SEPTIEMBRE DE 1980 por la que se dispone la aprobación de la Norma Metrológica referente a "Jeringuillas médicas en materia plástica para usar una sola vez" (B.O.E. 06.10.80).

REAL DECRETO 723/1988 DE 24 DE JUNIO por el que se aprueban las características de las botellas utilizadas como recipientes-medida (B.O.E. 07.07.88).

Directiva marco: 75/107/CEE

ORDEN DE 26 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regula el control de los contadores volumétricos de líquidos distintos del agua y de sus dispositivos complementarios (B.O.E. 24.01.89).

Directivas marco: 71/319/CEE y 71/348/CEE

ORDEN DE 26 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan los contadores de volumen de gas (B.O.E. 24.01.89).

Directiva marco: 71/318/CEE**Modificaciones: 74/331/CEE; 78/365/CEE; 825/623/CEE**

ORDEN DE 28 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regula la medida de la masa del electrolito CEE de cereales (B.O.E. 24.01.89).

Directiva marco: 71/347/CEE

ORDEN DE 28 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan los sistemas de medida de líquidos distintos del agua (B.O.E. 06.03.89).

Directiva marco: 77/313/CEE**Modificaciones: 82/625/CEE**

ORDEN DE 28 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan los contadores de agua fría (B.O.E. 06.03.89).

Directiva marco: 75/33/CEE

ORDEN DE 28 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan los alcoholímetros, aerómetros para alcohol y tablas alcoholimétricas (B.O.E. 24.01.89).

Directiva marco: 76/7685/CEE; 76/766/CEE

Modificaciones: 82/624/CEE

ORDEN DE 30 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regulan los contadores de agua caliente (B.O.E. 30.01.89).

Directiva marco: 79/830/CEE

ORDEN DE 30 DE DICIEMBRE DE 1988 por la que se regula el arqueo de las cisternas de barcos (B.O.E. 27.01.89).

Directiva marco: 71/349/CEE

ORDEN DE 27 DE JULIO DE 1994 por la que se establece el control metrológico del Estado para los instrumentos destinados a medir la concentración de alcohol en el aire respirado (B.O.E. 30.07.94).

ORDEN DE 27 DE MAYO DE 1988 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los sistemas de medidas de líquidos distintos del agua destinados al suministro de carburantes y combustibles líquidos, en sus fases de verificación después de reparación o modificación y de verificación periódica (B.O.E. 10.06.98).

ORDEN DE 15 DE ABRIL DE 1998 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a medir las emisiones de los gases de escape de los vehículos equipados con motores de encendido por chispa (gasolina) (B.O.E. 27.04.98).

ORDEN DE 18 DE MARZO DE 1999 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a medir la opacidad y determinar el coeficiente de absorción luminosa de los gases de escape de los vehículos equipados con motores de encendido por compresión (diesel). (B.O.E. 08.04.99).

Área de Electromagnetismo

REAL DECRETO 1596/82 DE 18 DE JUNIO por el que se aprueba el Reglamento para la aprobación de los contadores taquicronométricos denominados "taxímetros" (B.O.E. 23.07.82). **Directiva marco:** 77/95/CEE

ORDEN DE 11 DE FEBRERO DE 1994 por la que se establece el control metrológico del Estado para los instrumentos destinados a medir la velocidad de circulación de vehículos a motor (B.O.E. 19.02.94).

ORDEN DE 29 DE MAYO DE 1998 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los contadores taquicronométricos, denominados taxímetros, en sus fases de verificación después de reparación o modificación y de verificación periódica (B.O.E. 10.06.98).

ORDEN DE 16 DE DICIEMBRE DE 1998 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a medir niveles de sonido audible (B.O.E. 29.12.98).

Normas sobre metrología y calibración

En la página Web de AENOR www.aenor.es se puede encontrar en enlace <http://www.aenor.es/desarrollo/normalizacion/normas/buscadornormas.asp?pag=p> donde se pueden encontrar 283 normas sobre este tema.

VOLVER