

USO DE QUALITY WINDOW® EN EL
CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS,
CONSIDERANDO LAS NORMAS DE LA COGUANOR

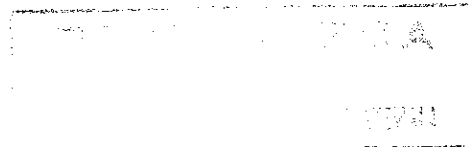
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

USO DE QUALITY WINDOW[®] EN EL
CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS,
CONSIDERANDO LAS NORMAS DE LA COGUANOR

Carlos Roberto Andrade Ortiz

Trabajo de Graduación presentado
para optar al grado académico
de Licenciado en Ingeniería Industrial

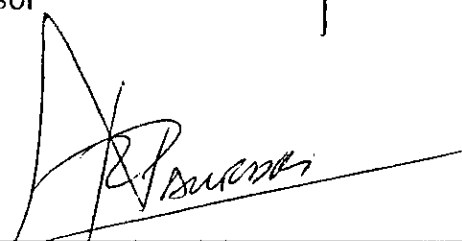


Guatemala
2002

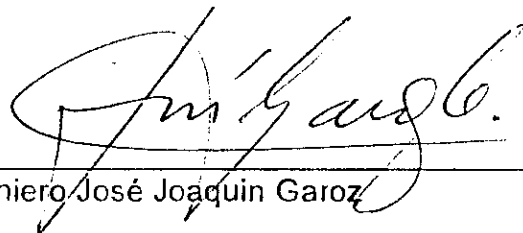
Tribunal:



(f) _____
Ingeniero Rodrigo Lujan
Asesor



(f) _____
Ingeniero Carlos Paredes



(f) _____
Ingeniero José Joaquín Garoz

Fecha de aprobación: 24 de Mayo del 2002

DEDICATORIA

La combinación de amor, apoyo y ejemplo de las siguientes personas hicieron posible este trabajo:

Dios, por cuidarme cada día.

Virgen María, por su amor de madre.

Papi, por mostrarme como usar mis manos para trabajar.

Mami, por su ejemplo de valor y fuerza en todo momento y su gran amor.

Luis y Werner, por su ejemplo de perfección y excelencia.

María Elena, Carolina y Ricardito por ser el complemento de mi familia.

A mi Familia Contreras Barrios, por su apoyo, amor y confianza.

A Michell, por luchar junto a mi cada día y por su super amor.

Y a mis amigos, por su alegría.

“Todo este trabajo valió la pena, gracias Mami...”

ÍNDICE

	Página
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE GRÁFICOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. Antecedentes.....	3
III. Justificación.....	74
IV. Objetivos.....	75
V. Metodología.....	76
VI. Ejemplo en la industria de líquidos.....	77
VII. Análisis y discusión de los resultados.....	83
VIII. Conclusiones.....	91
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	95

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro	
1. Relación del volumen declarado con respecto a la clase de balanza que se debe emplear.....	67
2. Planes de muestreo.....	67
3. Variaciones máximas dimensionales permitidas (VMP) para cada envase individual (1), (2).....	68
4. Diferencia máxima permitida en masa de dos cantidades iguales, de acuerdo al tipo de balanza usada en las pesadas.....	69

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráfica	
1. Diagrama de Precontrol.....	78
2. Percentiles para una distribución normal.....	80
3. Relación zonas de zontrol y 3σ	81
4. Relación gráfica de QW y límites de control.....	81
5. Pantalla de reglas de QW.....	82
6. Reglas para determinar los patrones en una gráfica de control....	82
7. Interpretaciones a tendencias en gráficas de control.....	86
8. Pantalla de pesos QW, muestreo.....	87
9. Pantalla de pesos QW, lote completo.....	90

RESUMEN

Este trabajo es un manual práctico para la utilización del paquete de "software" estadístico Quality Window para el control de pesos de cualquier producto terminado en la industria guatemalteca. Toma en cuenta las restricciones y normas en la Ley Nacional de Pesos.

Se presentan los conceptos de estadística básica para la interpretación de gráficos, se introduce la interfase gráfica para el usuario en Quality Window y la Estrategia de Control de Procesos enfocados en la parte de Control de Pesos (Adición). Al unir estas herramientas se logra crear un punto de control de calidad en la línea de producción que garantiza el cumplimiento de la Ley Nacional de Pesos, enfocado directamente en el consumidor y sus derechos de recibir lo que el producto indica en el empaque.

I. INTRODUCCIÓN

La contribución a largo plazo de conceptos estadísticos depende, no tanto de la intervención de estadísticos altamente especializados en la industria, como de la formación de una generación de físicos, químicos, ingenieros y otras personas con mentalidad estadística, que de alguna forma tomen parte en el desarrollo y dirección de los procesos de producción del mañana (Shewhart y Deming, 1982).

Los gráficos de control son una herramienta importante en el control estadístico de procesos. A pesar de la aparente simplicidad de este gráfico, muchos ingenieros, jefes de producción e inspectores adquieren con su empleo un criterio completamente nuevo. Uno de los objetivos de este trabajo es explicar este criterio con algún detalle. Para definirlo brevemente se podría decir: la calidad medida en el producto fabricado está siempre sujeta a un cierto grado de variación debido al azar. Cualquier esquema de producción e inspección lleva implícito algún "sistema estable de causas debidas al azar". La variación de este patrón fijo es inevitable. Las razones por las que esa variación rebasa los límites de dicho patrón deben descubrirse y corregirse.

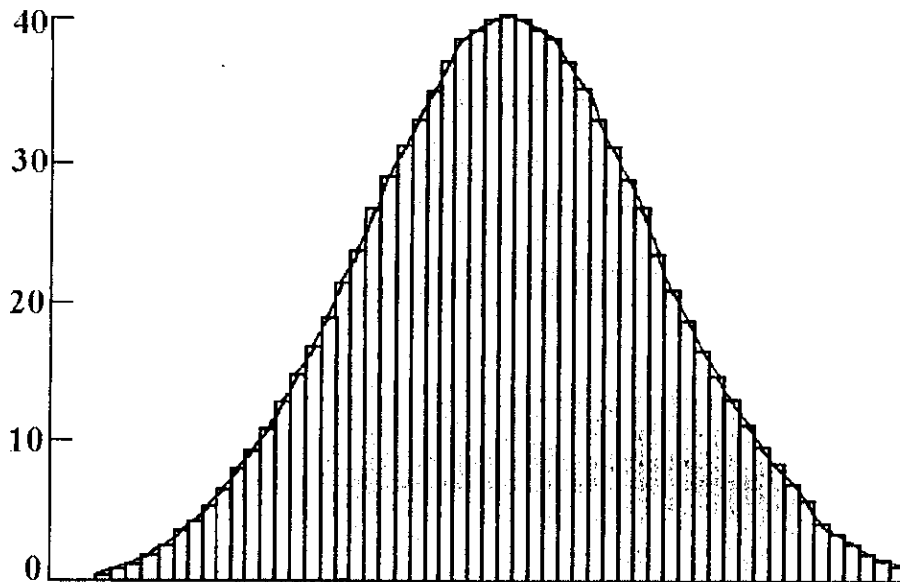
La fuerza de la estrategia reside en su capacidad para distinguir las causas atribuibles a la variación en el proceso. Esto hace posible el diagnóstico y la corrección de muchos problemas de producción y, a menudo, produce mejoras substanciales en la calidad del producto, así como en la reducción de la cantidad de productos desechables y recuperables.

Además, al identificar algunas de las variaciones de la calidad como inevitables y debidas al azar, el gráfico de control dice cuándo hay que dejar que un proceso se desarrolle sin interrupciones, evitar así ajustes frecuentes e

Al conocer las posibilidades que ofrece un proceso de producción, la técnica del gráfico de control permite decisiones ventajosas en lo que respecta a tolerancias técnicas, y comparaciones que ayudan a determinar cuál es la mejor entre varios proyectos y métodos de producción. A través de las mejoras introducidas en los procedimientos convencionales de aceptación, la técnica del gráfico de control proporciona a menudo una mayor seguridad de la calidad a un menor costo de inspección.

II. Antecedentes

A. Introducción a la Estadística Básica



1. Propósito

Proporcionar un entendimiento en Estadística Básica que permita a los operadores de planta entender mejor el comportamiento de las variables tanto de producto como de proceso.

2. Objetivo general

Con este texto los operadores serán capaces de:

- Reconocer y explicar correctamente los conceptos y las medidas básicas utilizados en estadística.
- Desarrollar un criterio para interpretar algunas medidas como media, desviación estándar, Tz, Cr, etc.
- Analizar un histograma sencillo.

3. Conceptos básicos

La estadística es un conjunto de técnicas matemáticas que nos ayudan a corroborar *hipótesis* acerca de una *población*, a partir del análisis de los datos de una *muestra representativa* de ella y nos apoya en la toma de decisiones. Para su estudio y aplicación se divide en *Estadística Descriptiva* y en *Estadística Inferencial*. La estadística descriptiva es la rama de la estadística que se relaciona con la expresión gráfica de lo que se tiene en números, con el fin de visualizarlo y obtener conclusiones más fácilmente. Por otro lado, la estadística inferencial se relaciona concretamente con los cálculos y aplicación de fórmulas matemáticas que dan como resultado los valores de los *parámetros* de interés.

En estadística se llama *población* al total de los elementos, objetos o sujetos observables que en un momento dado pueden formar parte de la muestra. La muestra es un subconjunto de la población que se extrae para su estudio. Para que una *muestra* sea *representativa* debe ser extraída de la población de manera proporcional y aleatoria (es decir, que cada elemento de la población tenga la misma probabilidad de ser elegido).

Una *hipótesis* es una suposición, conjetura o creencia (establecida en términos estadísticos) relativa a las propiedades de la población. Estas propiedades de la población (parámetros) tienen asociadas una cierta magnitud cuyo valor se requerirá para la toma de decisiones.

Ejemplo 1: Durante el proceso de empaque de un lote de un producto X, el número total de unidades producidas (bolsas, botellas o sobres) será la población. Las muestras que se toman cada determinado período de tiempo, para revisar el peso forman parte de la muestra representativa y el peso de las unidades será el parámetro de interés. Si se observa que el valor del parámetro es semejante al valor predeterminado para el peso podemos inferir que el total de la población cumple con esta especificación.

Es importante que antes de comenzar a hacer un estudio estadístico se identifique el parámetro que se va a medir y se determine su naturaleza para evitar así confusiones o interpretaciones erróneas final del análisis. Los parámetros de una muestra se pueden clasificar como *atributos* o variables de acuerdo con un criterio establecido. De esta forma podemos decir que un atributo es cualquier característica susceptible de medición, cuyo resultado será expresado en términos de una escala ordinal (o cualitativa), mientras que una variable también es una característica susceptible de medición, pero sus resultados estarán dados en una escala completamente numérica.

Es necesario señalar que una variable puede ser *continua*, esto significa que podrá tomar cualquier valor dentro de un rango definido, o bien *discreta*, lo que quiere decir que la variable sólo podrá tomar valores específicos dentro de un conjunto definido (generalmente asociada a números enteros).

Ejemplos 2: La visibilidad del número de lote en un corrugado, la prueba de sellado en una bolsa y el centrado de un texto en un empaque son considerados como atributos y para determinar si satisfacen las especificaciones, a veces sólo es necesario asignarles un número en una escala predeterminada (1, 2, 3 ó 4) o calificarlos como "Pasa" o "No pasa" de acuerdo a un criterio predefinido.

El peso de un producto, la gravedad específica de un líquido y su pH son características que se pueden expresar por medio de una variable continua, la cual tomará valores dentro del rango enmarcado por las especificaciones.

Un ejemplo que ilustra muy bien el uso de variables discretas es el número de hijos que una pareja puede tener. Es evidente que el resultado sólo podrá ser expresado por medio de un número entero y nunca por medio de uno fraccionario.

También el resultado de algunas pruebas tales como el pH de un producto o la presión existente en un ducto sólo puede ser expresado por números enteros, esto debido a la escala de los instrumentos utilizados para llevar a cabo las mediciones.

4. Etapas del análisis estadístico

Siempre que se desee llevar a cabo un análisis estadístico será recomendable guiarse por los pasos descritos en la siguiente secuencia:

a. Definición y delimitación del problema

Esta es la etapa preliminar del análisis. Aquí se define el problema y se da respuesta a dudas relativas a su naturaleza (un informe de capacidad de proceso, un informe mensual, etc.), el tipo de variables involucradas y las herramientas necesarias para solucionarlo.

b. Recopilación de datos

Una vez que se tiene definido el problema y las variables que intervienen, se procede a recolectar los datos disponibles que se hayan generado para dichas variables.

c. Selección del método de análisis

Ya que se conoce el tipo de datos y la cantidad de ellos se selecciona un método de análisis que pueda dar solución a nuestro problema. De acuerdo a las necesidades podremos utilizar histogramas, cartas de control, pruebas de hipótesis, distribuciones de probabilidad, análisis de varianza, etc.

d. Obtención de resultados

En esta etapa se procesan los datos por medio de los procedimientos propios del método de análisis seleccionado y se obtienen los resultados requeridos.

e. *Análisis e inferencia*

Se hace un estudio de los resultados encontrados en la etapa anterior y en base a éste se hacen conclusiones que nos apoyarán en la toma de decisiones.

5. Estadística Descriptiva

a. *Histogramas*

Un *histograma* es una gráfica de barras verticales donde la altura de cada barra indica el número de observaciones de cada valor de la variable representada por el punto medio de la base de la barra.

Para elaborar un histograma es necesario comprender conceptos claves como los siguientes:

El *rango* (intervalo de variación) es el conjunto donde toma sus valores una variable. El rango de un conjunto de datos que se encuentra al restar el valor mínimo del valor máximo. Se representa por medio de la letra *R*.

El *intervalo o clase* es un subrango que se utiliza para clasificar los datos en una distribución de frecuencias y como base de cada columna en el histograma. Cada intervalo se define por medio de un límite inferior, su tamaño o ancho, representado con la letra *c* y su límite superior. El número de intervalos en un histograma dependerá del número de datos que se tengan y se representa con la letra *Q*.

Marca de clase es el punto medio de cada intervalo. Se identifica con la letra *X*.

Frecuencia es el número de veces que la variable toma un determinado valor. Se representa con la letra *f*.

Pasos para construir un histograma

Obtener los datos (contarlos para saber el número de datos).

Determinar el rango de los datos mediante la fórmula:

$$R = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}$$

Determinar el número de intervalos o número de clases en que se agruparán los datos de acuerdo con la siguiente tabla:

<i>No. de datos</i>	<i>No. de intervalos (Q)</i>
50 ó menos	de 5 a 7
de 51 a 100	de 8 a 10
de 101 a 250	de 11 a 13
mayor a 250	de 14 a 16

Calcular el tamaño del intervalo o ancho de clase por medio de la fórmula:

$$c = \frac{R}{Q}$$

Si es necesario, el valor de c se debe redondear o bien se debe modificar el número de intervalos, para obtener un número que permita trabajar con mayor facilidad.

Determinar el valor en donde comenzará el primer intervalo (generalmente se toma el valor mínimo de los datos).

Construir los intervalos sumando el ancho de clase al número elegido en el paso anterior. En este momento ya se conocen los límites inferior y superior del primer intervalo. El límite superior del primer intervalo será el límite inferior del segundo, y para calcular el límite superior de éste se vuelve a sumar el ancho de clase a su límite inferior. Se procede de manera similar hasta construir el total de los intervalos.

Nota: Asegúrese que en el último intervalo está contenido el valor más grande.

Hacer la distribución de frecuencias, asignar los datos en los intervalos que les correspondan. Siempre que se encuentre un dato fuera del límite superior de un intervalo se acumulará en el siguiente intervalo.

Calcular las marcas de clase o puntos medios de los intervalos mediante la fórmula:

$$X = \frac{\text{Límite Inferior} + \text{Límite Superior}}{2}$$

Dibujar el histograma: trazar barras verticales cuya base será cada uno de los intervalos y su altura la frecuencia con la que se presentaron los datos.

Ejemplo 3. Los datos que se muestran a continuación representan el número de cajas obtenidas diariamente por una línea de empaque.

<i>No. de cajas producidas por día</i>				
202	197	200	199	204
203	198	201	198	203
199	203	199	200	198
196	203	198	205	197
198	204	195	202	199
201	199	197	203	200
196	196	197	200	201
204	199	200	196	199
202	200	202	197	198
198	201	201	199	202

Se desea construir un histograma a partir de estos datos para observar su distribución.

Se observa que el número de datos es $n=50$.

Para encontrar el rango se procede así:

Primero se determina el valor máximo (max) y mínimo (min) de la variable. Una forma práctica para encontrar el dato máximo y mínimo es ordenar los datos por filas o columnas y determinar en ellas el máximo y el mínimo y crear así una fila de máximos y otra de mínimos y posteriormente encontrar el máximo en la fila de máximos y el mínimo en la fila de mínimos.

Máx.	204	204	202	205	204
Min.	196	196	195	196	197

En este caso el máximo es: 205

El mínimo es : 195

El rango es: $205 - 195 = 10$

Para construir el histograma consideraremos un número de intervalos $Q = 5$

De esta manera, la amplitud del intervalo será: $c = 10 / 5 = 2$

Si tomamos el dato mínimo como límite inferior para el primer intervalo y le sumamos el valor de c obtenemos el primer intervalo: de 195 a 197.

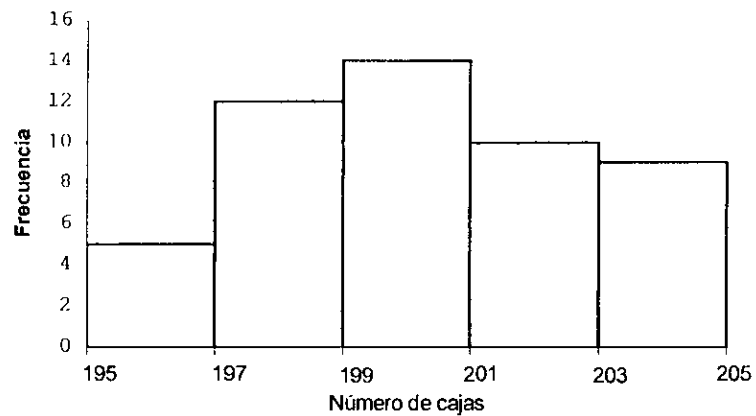
Ahora, si tomamos 197 como el límite inferior para el segundo intervalo y le sumamos el valor de c obtenemos el segundo intervalo: de 197 a 199.

En la siguiente tabla se muestran todos los intervalos así como la distribución de frecuencias y las marcas de clase.

<i>Clase</i>	<i>Lim. inf.</i>	<i>Lim. sup.</i>	<i>f</i>	<i>X</i>
1	195	197	5	196.0
2	197	199	12	198.0
3	199	201	14	200.0
4	201	203	10	202.0
5	203	205	9	204.0

La gráfica de barras que se muestra a continuación es el histograma correspondiente.

Histograma Ejemplo 3



Ejemplo 4. Los datos que se muestran a continuación representan el peso en gramos de un producto tomado a intervalos determinados de tiempo.

Peso en gramos									
22.0	22.5	22.5	24.0	23.5	19.0	20.5	21.0	20.5	22.5
20.5	22.5	22.5	23.0	21.5	21.5	25.0	21.0	19.0	21.0
20.0	20.5	23.0	22.0	21.5	22.5	22.0	23.0	22.0	23.5
21.0	22.0	22.0	23.0	22.0	22.5	22.0	22.0	19.5	20.5
22.5	19.5	22.5	22.0	21.0	18.5	22.0	22.5	21.0	21.5
23.0	23.5	21.0	22.0	20.0	21.5	20.5	20.5	16.5	21.5
19.0	20.0	22.0	20.5	22.5	24.0	22.0	17.5	21.0	22.5
21.5	20.5	19.0	19.5	19.5	19.5	22.5	15.5	20.0	22.5
21.0	22.5	20.0	22.0	22.0	22.0	17.5	21.0	22.0	23.5
21.5	23.0	22.0	23.0	18.5	22.0	20.0	20.5	24.0	21.5
20.0	19.5	21.0	20.0	20.5	22.5	21.0	19.5	21.5	22.5
19.0	21.0	21.0	21.0	20.5	20.0	22.0	20.0	21.5	20.0
19.5	20.5	21.0	20.5	21.0	21.0	19.5	22.0	20.0	20.0
20.0	21.5	24.0	23.0	20.0	22.5	21.5	21.0	21.5	23.5
22.5	19.5	21.0	21.5	21.0	22.0	21.0	21.0	20.5	21.0
21.5	20.5	22.0	21.5	23.5	25.0	20.0	20.0	20.5	22.5
19.0	21.5	23.0	21.0	23.5	20.5	21.0	21.0	19.0	21.0
21.0	20.5	19.5	22.0	21.0	21.5	22.0	22.0	20.0	21.0
20.0	23.5	24.0	20.5	21.5	21.5	22.0	21.5	20.5	22.5
22.0	20.5	21.0	22.5	20.0	22.5	24.5	25.5	20.0	21.0

Se observa que el número de datos es $n=200$.

Para encontrar el rango:

Máx.	23.0	23.5	24.0	24.0	23.5	25.0	25.0	25.5	24.0	23.5
Min.	19.0	19.5	19.0	19.5	18.5	18.5	17.5	15.5	16.5	20.0

En este caso el máximo es: 25.5

El mínimo es : 15.5

El rango es: $25.5 - 15.5 = 10$

Para construir el histograma consideraremos un número de intervalos $Q=10$

De esta manera, la amplitud del intervalo será: $c=1$.

Si tomamos el dato mínimo como límite inferior para el primer intervalo y le sumamos el valor de c obtenemos el primer intervalo: 15.5 - 16.5.

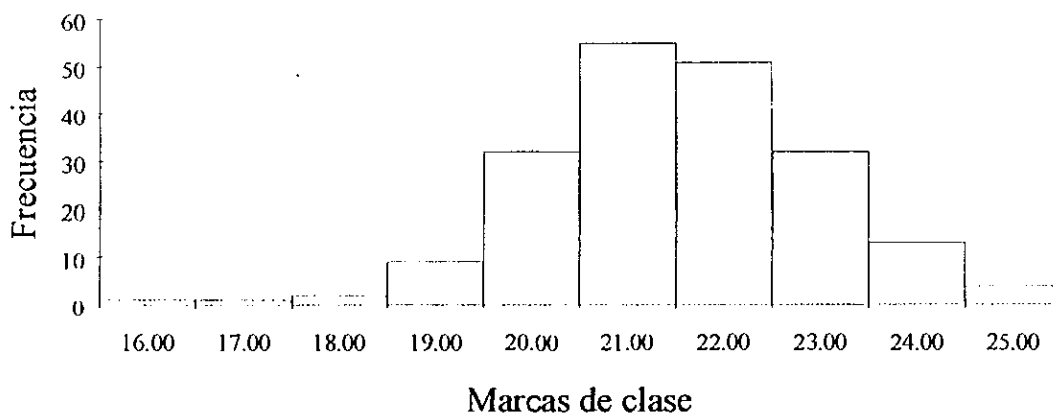
Ahora, si tomamos 16.5 como el límite inferior para el segundo intervalo y le sumamos el valor de c obtenemos el segundo intervalo: 16.5 - 17.5.

En la siguiente tabla se muestran todos los intervalos así como la distribución de frecuencias y las marcas de clase.

Clase	Lim. inf.	Lim. sup.	f	X
1	15.5	16.5	1	16.0
2	16.5	17.5	1	17.0
3	17.5	18.5	2	18.0
4	18.5	19.5	9	19.0
5	19.5	20.5	32	20.0
6	20.5	21.5	55	21.0
7	21.5	22.5	51	22.0
8	22.5	23.5	32	23.0
9	23.5	24.5	13	24.0
10	24.5	25.5	4	25.0

La gráfica de barras que se muestra a continuación es el histograma correspondiente.

Histograma

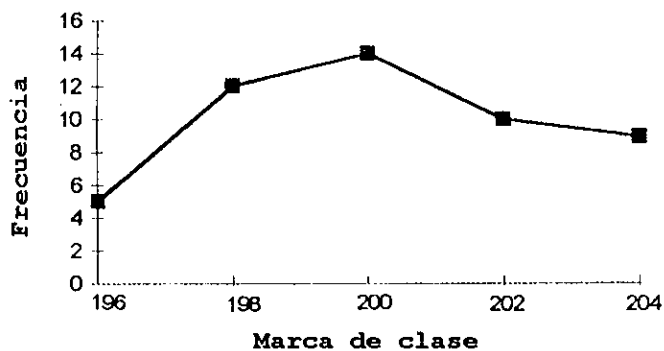


b. Polígonos de frecuencia

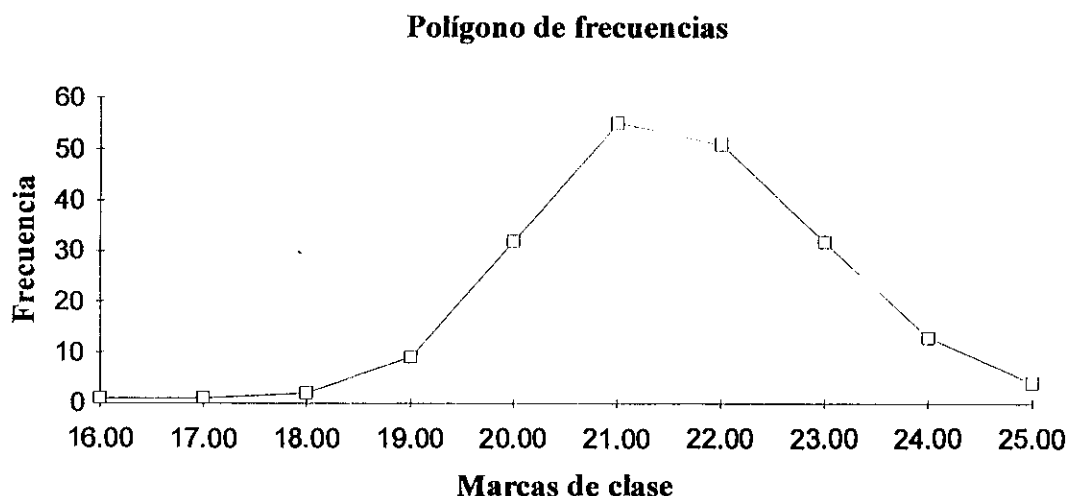
Una vez que se ha elaborado un histograma es muy fácil construir a partir de él un polígono de frecuencias. Esto se logra al dibujar un punto en el punto medio de la parte superior de cada barra del histograma (esto es, hacer una proyección de las marcas de clase) y unirlos posteriormente por medio de líneas rectas.

La figura muestra el polígono de frecuencias para el ejemplo 3.

Polígono de Frecuencias



La figura muestra el polígono de frecuencias para el ejemplo 4.



c. *La curva normal*

Por medio del polígono de frecuencias obtenemos una idea aproximada de la distribución de los datos en la muestra. La curva suave exhibe una imagen mucho más precisa de la distribución real de los datos, porque en su construcción intervienen complicados conceptos matemáticos y además se requiere de una computadora o una calculadora que sea capaz de procesar y graficar la enorme cantidad de datos que se requieren. Basta saber que para su construcción se considera una muestra con un número infinito de datos con los cuales se construiría un histograma con un número muy grande de intervalos o clases (figura 1-b) cuyo ancho sería muy pequeño, de manera que al dibujar el polígono de frecuencias la curva resultante no estaría "quebrada", sino que adoptaría una forma suave continua muy similar a una campana (si la distribución es normal), a la cual se le llama curva normal.

Esta curva es de vital importancia, porque es la forma que adoptan la mayoría de los procesos naturales

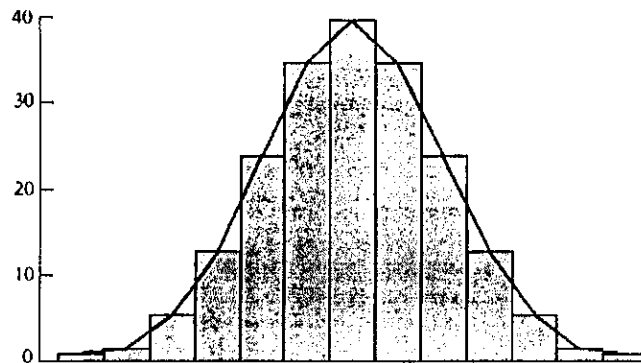


Figura 1-a

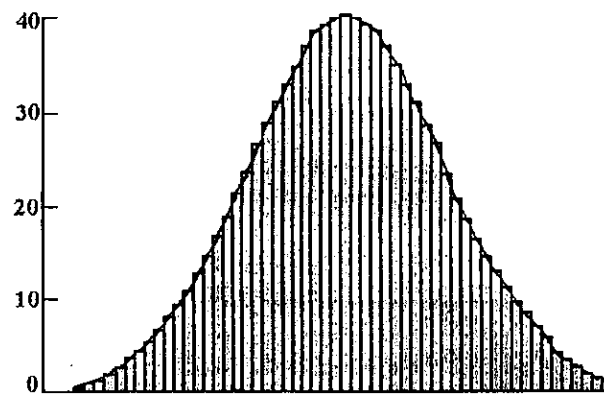


Figura 1-b

6. Estadística Inferencial

a. Medidas de tendencia central

También conocidas como medidas de posición, las medidas de tendencia central son valores que nos indican alrededor de qué punto se agrupa el mayor número de datos.

1) Media Aritmética (\bar{X})

La media aritmética es el promedio más conocido y comúnmente usado. Representa la suma de las observaciones dividida entre el número total de observaciones que hay en la muestra.

Nota: es conveniente saber que cuando nos referimos a la media de la población se utiliza la letra griega μ para representarla y cuando hablamos de la media de la muestra se utiliza letra vigésimo cuarta del orden latino internacional (\bar{X}).

La media aritmética para datos no agrupados se obtiene con la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

en donde: $\sum x$ representa la suma de todos los datos
 n es el número de datos.

Para datos agrupados se representa por la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{\sum f}$$

en donde: $\sum fx$ representa la suma de los productos de las marcas de clase por su frecuencia
 $\sum f$ representa la suma de las frecuencias que es igual al número de datos "n".

Ejemplo 5. Calcule la media aritmética de los siguientes datos:

10	12	8	13	9	15	7
----	----	---	----	---	----	---

$$\sum x = 74$$

$$n = 7$$

$$\bar{X} = 10.57$$

Para aplicar estas fórmulas en el ejemplo 3, es necesario calcular el producto de f por X como se muestra en la siguiente tabla:

Clase	Lim. inf.	Lim. sup.	f	X	fX	
1	195	197	5	196.0	980.0	
2	197	199	12	198.0	2376.0	
3	199	201	14	200.0	2800.0	
4	201	203	10	202.0	2020.0	
5	203	205	9	204.0	1836.0	
			$\Sigma f =$	50	$\Sigma fX =$	10012.0

La media aritmética será: $\bar{X} = 10012.0 / 50 = 200.24$

Para el ejemplo 4:

Clase	Lim. inf.	Lim. sup.	f	X	fX
1	15.5	16.5	1	16.0	16.0
2	16.5	17.5	1	17.0	17.0
3	17.5	18.5	2	18.0	36.0
4	18.5	19.5	9	19.0	171.0
5	19.5	20.5	32	20.0	640.0
6	20.5	21.5	55	21.0	1155.0
7	21.5	22.5	51	22.0	1122.0
8	22.5	23.5	32	23.0	736.0
9	23.5	24.5	13	24.0	312.0
10	24.5	25.5	4	25.0	100.0

Suma = 200 Suma = 4305

La media será: $\bar{X} = \frac{4305}{200}$

$\bar{X} = 21.52$

2) Mediana (Me)

La mediana representa el valor que está en el centro de una serie de datos. Para calcularla en datos no agrupados se arreglan los datos en forma ascendente o descendente y se busca el que está al centro. Si el número de datos es par se toma el promedio de los dos datos del centro.

Ejemplo 6. En las siguientes series de datos la mediana es 5 y 5.5 respectivamente.

- a) 3, 5, 4, 6, 2, 9, 8.
- b) 8, 4, 5, 6, 9, 3.

Para el caso de datos agrupados la mediana se calcula por medio del quinto decil o por medio del segundo cuartil (el cálculo de estas medidas queda fuera del alcance de este curso por su nivel de complejidad). Su uso es más frecuente en el análisis de variables discretas.

3) Moda (Mo)

Es el valor que se repite el mayor número de veces en una serie de observaciones. Puede ocurrir que se presente más de una moda o bien que no exista.

Se utiliza para el análisis de variables discretas.

Ejemplo 7.

- a) En la serie de datos 4, 3, 5, 7, 5, 5, 9 la moda es 5.
- b) En la serie de datos 3, 8, 4, 4, 5, 7, 7, 9 encontramos dos modas, 4 y 7.

Para el caso de datos agrupados la moda se calcula a partir del *intervalo modal* (el intervalo con la mayor frecuencia), será suficiente con identificar el intervalo modal.

b. Medidas de dispersión

Estas medidas sirven para identificar la distribución de los datos alrededor de un valor, es decir, su grado de variación (que tan juntos o separados están). Las más usuales son:

1) Rango (R)

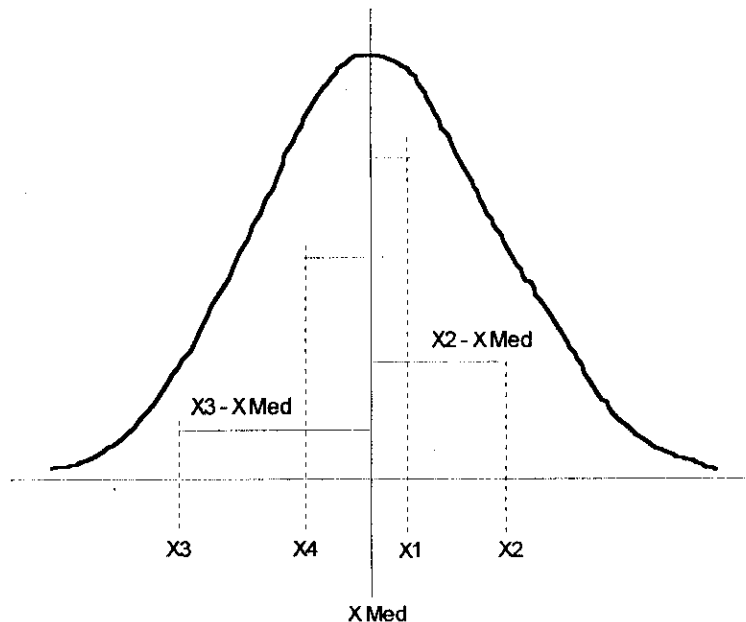
El rango o intervalo de variación se define como la diferencia entre el mayor y el menor de los datos.

Su fórmula es:

$$R = X_{max} - X_{min}$$

2) Desviación Estándar (S)

Se define como la raíz cuadrada media de la suma de los cuadrados de las desviaciones con respecto a la media aritmética de una serie de datos.



Nota: al igual que con la media, cuando nos referimos a la desviación estándar de la población debemos utilizar la letra griega σ para representarla y cuando hablemos de la desviación estándar de la muestra usaremos la letra S

Fórmula para datos no agrupados:
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

en donde: $\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ es la suma de los cuadrados de las desviaciones

n es el número de datos.

Fórmula para datos agrupados:
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

en donde: $\sum_{i=1}^n f_i (X_i - \bar{X})^2$ es la suma de los productos de las frecuencias por los cuadrados de las desviaciones

n es el número de datos.

Nota: si el número de datos en la muestra es menor a 30 se considera una muestra chica y se divide entre $n-1$. Si es igual o mayor a 30 se considera muestra grande y se utiliza n .

Para datos individuales podemos aplicar la fórmula del ejemplo 5. Primero calcularemos la desviación de cada dato respecto a la media $(X - \bar{X})$. Para eliminar los resultados negativos, elevaremos la desviaciones (diferencia) al cuadrado $(X - \bar{X})^2$ y obtendremos los datos como se muestra en la siguiente tabla:

X	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$
10	$(10 - 10.57) = -0.57$	0.325
12	$(12 - 10.57) = 1.43$	2.045
8	$(8 - 10.57) = -5.57$	6.605
13	$(13 - 10.57) = 2.43$	5.905
9	$(9 - 10.57) = -1.57$	2.465
15	$(15 - 10.57) = 4.43$	19.625
7	$(7 - 10.57) = -3.57$	12.745
Suma =		49.715

$$n = 7$$

$$S = \text{Raíz cuadrada } (49.715 / 6)$$

$$S = 2.878$$

Nota: Se divide entre $n - 1$ (6) y no entre n (7), porque la muestra es menor a 30.

Para datos agrupados podemos aplicar estas fórmulas en el ejemplo 3. Para esto, es necesario calcular las desviaciones de cada dato con respecto a la media, elevar estas desviaciones al cuadrado, multiplicarlas por su frecuencia correspondiente y obtener los totales como se muestra en la siguiente tabla:

Clase	f	X	$F \cdot X$	$(X - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$	$f \cdot (X - \bar{X})^2$
1	5	196.0	980.0	-4.2	18.0	89.9
2	12	198.0	2376.0	-2.2	5.0	60.2
3	14	200.0	2800.0	-0.2	0.1	0.8
4	10	202.0	2020.0	1.8	3.1	31.0
5	9	204.0	1836.0	3.8	14.1	127.2
Suma						309.1

$$S = \text{Raíz cuadrada } (309.1/50)$$

$$S = 2.486$$

Clase	f	X	f*X	(X - \bar{X})	(X - \bar{X}) ²	f*(X - \bar{X}) ²
1	1	16.0	16.0	-5.5	30.5	30.5
2	1	17.0	17.0	-4.5	20.5	20.5
3	2	18.0	36.0	-3.5	12.4	24.9
4	9	19.0	171.0	-2.5	6.4	57.4
5	32	20.0	640.0	-1.5	2.3	74.4
6	55	21.0	1155.0	-0.5	0.3	15.2
7	51	22.0	1122.0	0.5	0.2	11.5
8	32	23.0	736.0	1.5	2.2	69.6
9	13	24.0	312.0	2.5	6.1	79.6
10	4	25.0	100.0	3.5	12.1	48.3
Suma=						431.9

$$S = \sqrt{\frac{431.9}{200}}$$

$$S = 1.5$$

3) Coeficiente de Variación (CV)

Si comparamos la dispersión absoluta (la desviación estándar) con la media aritmética obtenemos una medida de la dispersión relativa o coeficiente de variación. Esta medida es muy útil para calcular el error de representatividad de la media y para *comparar la variación de dos muestras distintas*. Se expresa como porcentaje y se calcula multiplicando por 100 el cociente de la desviación estándar entre la media.

$$\text{Fórmula: } CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Ejemplo 8. Dados los siguientes datos:

Grupo A: 1, 1, 2, 5, 5, 5, 9, 12

Grupo B: 3, 4, 5, 5, 5, 5, 6, 7

Encontramos que el número de datos es 8, Me y Mo son 5 en ambos y la media es:

$$\text{Para el grupo A: } \bar{X} = \frac{1+1+2+5+5+5+9+12}{8} = 5$$

$$\text{Para el grupo B: } \bar{X} = \frac{3+4+5+5+5+5+6+7}{8} = 5$$

El rango del grupo A es: 11

El rango del grupo B es: 4

Para calcular la desviación estándar hacemos:

Para el grupo A

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
1	-4	16
1	-4	16
2	-3	9
5	0	0
5	0	0
5	0	0
9	4	16
12	7	49

Suma: 106

Para el grupo B

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
3	-2	4
4	-1	1
5	0	0
5	0	0
5	0	0
5	0	0
6	1	1
7	2	4

Suma: 10

$$S = \sqrt{\frac{106}{7}} = 3.89$$

$$S = \sqrt{\frac{10}{7}} = 1.19$$

Se observa que hay una variación mayor en el grupo A que en el grupo B.

El coeficiente de variación es:

$$\text{Para el grupo A: } CV = \frac{3.89}{5} * 100 = 77\%$$

$$\text{Para el grupo B: } CV = \frac{1.19}{5} * 100 = 23.9\%$$

Concluimos que la dispersión de los datos con respecto a la media es mayor en el grupo A que en el grupo B. También podemos decir que el error de representatividad de la media en el grupo A es de 77% y su confiabilidad de 23% (100 - CV), mientras que para el grupo B la media tiene un error de representatividad de 23.9% y una confiabilidad de 76.1%.

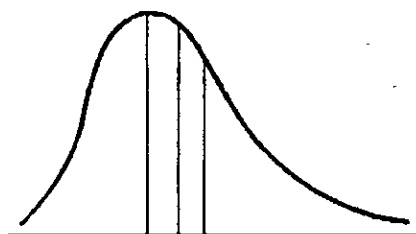
c. Medidas de forma

1) Sesgo

Es el grado de asimetría (desproporción de áreas) que presenta una distribución en un histograma o polígono de frecuencias, debido a las diferencias entre la media, la moda y la mediana. Si la curva de frecuencia tiene una "cola" más larga hacia la derecha tiene un sesgo positivo. Por el contrario si la cola va hacia la izquierda se habla de un sesgo negativo.

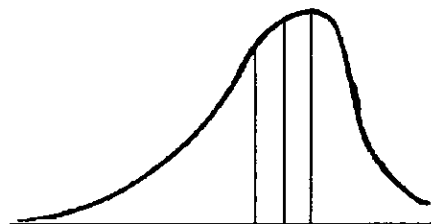
Sesgo = $\frac{\text{Media} - \text{Moda}}{\text{Desv. Sta}}$ = fracción, mientras más alta es el valor,

Desv. Sta más fuerte es el sesgo.



Mo, Me, \bar{X}

Sesgo positivo

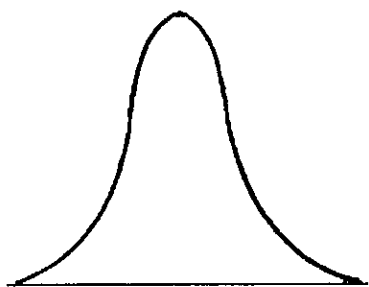


\bar{X} , Me, Mo

Sesgo negativo

2) Curtosis

Se llama así al grado de apuntamiento (pronunciamiento de la cima) de una distribución. Cuando es muy apuntada se denomina *leptocúrtica*, cuando es "achatada" se llama *platicúrtica* y cuando es normal o intermedia se llama *mesocúrtica*.



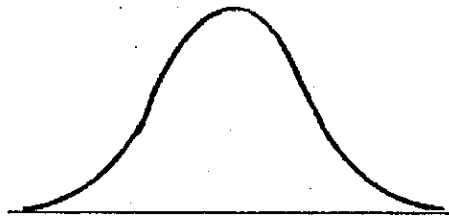
Leptocúrtica

Datos concentrados muy cerca de la Media. Por lo general cuando se trabaja con menos de 30 datos



Platicúrtica

No hay concentración



Mesocúrtica
Existe equilibrio

7. Aplicaciones

a. Variación

La variación es una característica inherente de todo proceso. Además encontraremos que el grado de variación será diferente en distintos momentos.

Esto es considerado como normal, siempre y cuando la variabilidad se encuentre dentro de ciertos límites.

1) Variación normal

Cuando la variación en un proceso ocurre debido a los cambios/variaciones (mínimas) de una combinación de factores tales como las personas, los materiales, los métodos, las máquinas, etc. se dice que la variación es *normal*. Este tipo de variación siempre estará presente porque se atribuye a *causas comunes* y se dice además que es *predecible*.

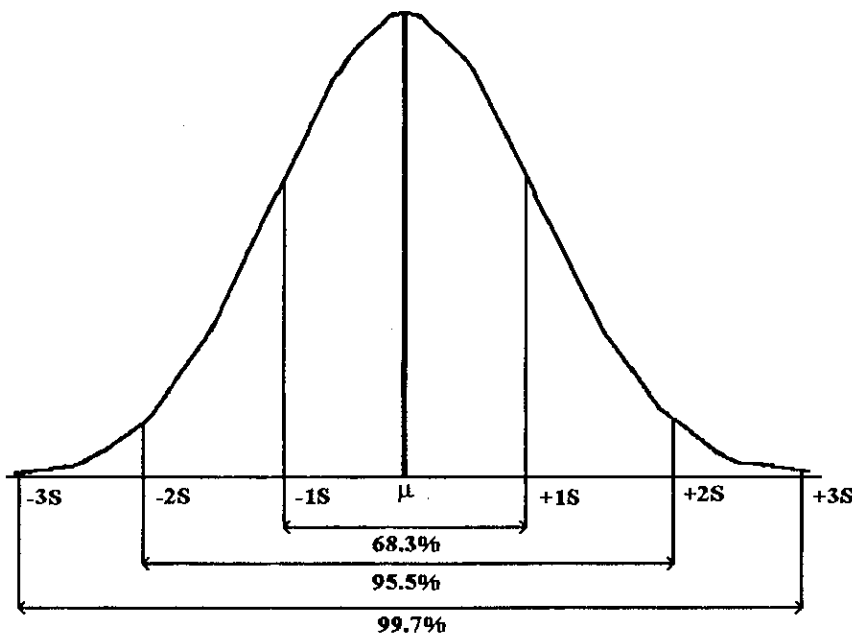
En el apartado 3.3 se dijo que la curva normal era la forma que adoptaban la mayoría de procesos. Esta curva ilustra muy bien el concepto de variación normal y de hecho es tomada como base para el estudio de la variación, debido a sus características especiales que se enumeran a continuación:

En una distribución normal la media, la mediana y la moda se localizan en el mismo sitio, esto es al centro de la distribución (tienen el mismo valor).

La distribución es simétrica con respecto a la media; es decir, el 50% de los datos está arriba del valor de la media y el 50% abajo de la media.

Los datos se distribuyen aproximadamente como sigue: El 68.3 % se encuentra dentro de ± 1 desviación estándar. El 95.5 % se encuentra dentro de ± 2 desviaciones estándar. El 99.7 % se encuentra dentro de ± 3 desviaciones estándar.

Esto se ve reflejado en la siguiente figura.



En la figura anterior se puede observar que los valores que están a más de dos desviaciones estándar de la media ocurrirán sólo por casualidad. Esto es, si consideramos que el área bajo la curva representa el 100 % de los datos, entonces el área dentro de dos desviaciones estándar es el 95.5 % y sólo el 5 %

de los datos (5 de cada 100) estarán dentro de 3 desviaciones estándar. Se dice que existe una probabilidad de que esto ocurra de 0.05.

También podemos observar que dentro de los límites de 3 desviaciones estándar se encuentra el 99.7 % de los datos, es decir, sólo el 0.3 % de los datos (3 de cada 1000) caerán fuera de estos límites. Se dice que la probabilidad de que esto ocurra es de 0.003.

2) Variación anormal

La variación anormal en un proceso ocurre de manera *extraordinaria*, se debe a *causas especiales* y además es *impredecible*. Cuando en un proceso se presenta variación anormal la curva de distribución adquiere formas muy variadas que pueden ser sesgadas o platicúrticas.

Un requisito importante para conseguir la mejoría de un proceso es reducir al mínimo las variaciones (tanto normal como anormal). Esto es, hacer el proceso más consistente, es decir, que se obtenga el resultado esperado el mayor número de veces con la mayor exactitud posible.

Las estadísticas que veremos a continuación (en estadística se acostumbra llamar "estadísticas" a las funciones tales como la media, la desviación estándar, etc. que nos proporcionan una estimación de los parámetros reales de la población) nos proporcionan una forma muy clara de medir la mejoría de los procesos.

b. El Target z

Se denomina *target* al número designado como objetivo en una especificación y nos dice en dónde se deberían centrar los parámetros de un proceso (es el valor ideal del parámetro). Podríamos identificar al target con la media μ de la población.

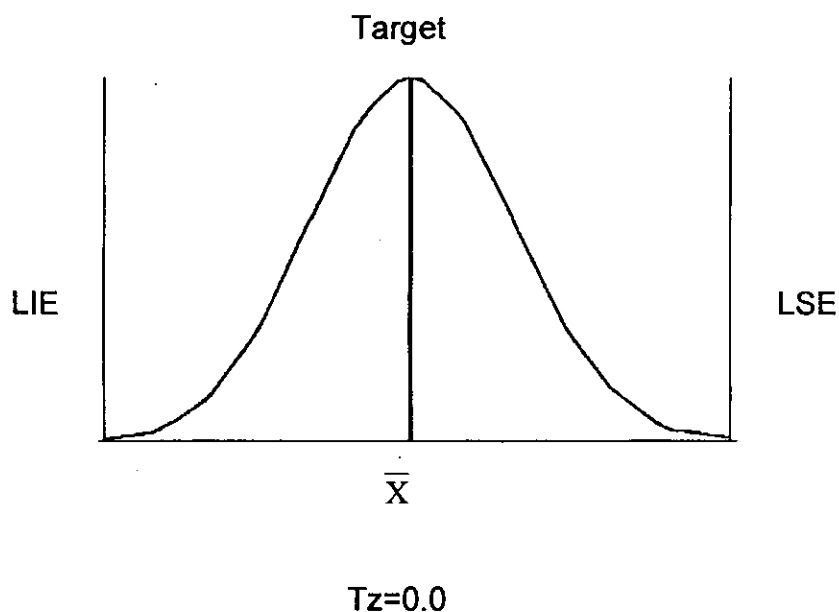
El *Target z* nos proporciona la forma de saber qué tan lejos están nuestros resultados del objetivo y se calcula por medio de la diferencia entre el promedio de nuestro proceso y el *Target*.

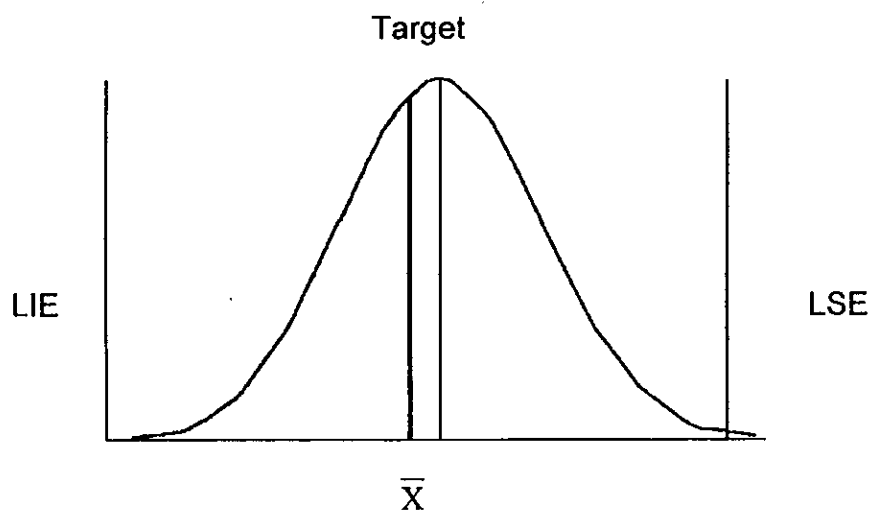
La fórmula para calcular el *Target z* es:

$$Tz = \frac{\bar{X} - \mu}{S} \quad \text{o sea} \quad Tz = \frac{\text{Media} - \text{Target}}{\text{Desviación estándar}}$$

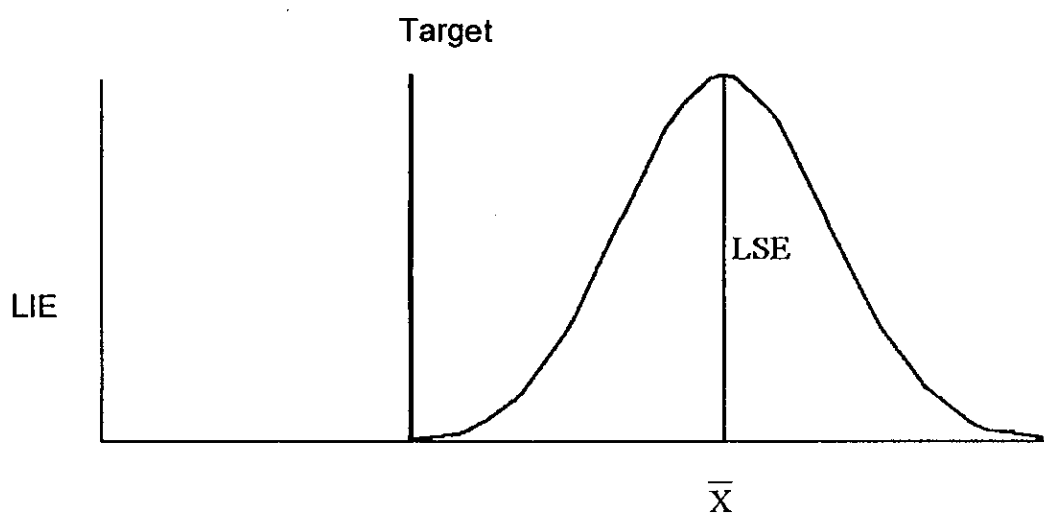
De esta forma, podemos decir que el *Tz* es el número de desviaciones estándar que la media difiere del *Target*.

En las siguientes figuras se observa la interpretación gráfica del *Tz*.





$Tz=0.5$



$Tz=3.0$

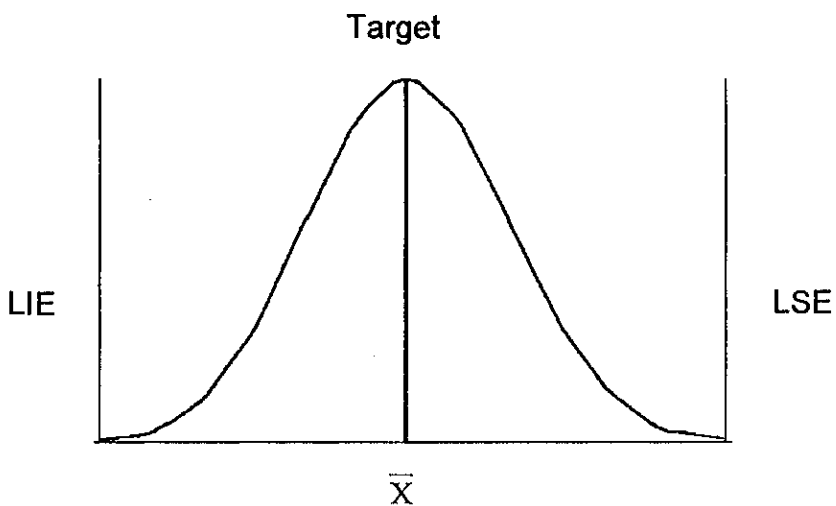
c. *El Cr*

El rango de capacidad (Cr) es otra forma de sondear la variabilidad de un proceso. Esta medida compara la variación del proceso con el rango permitido (los límites de especificación).

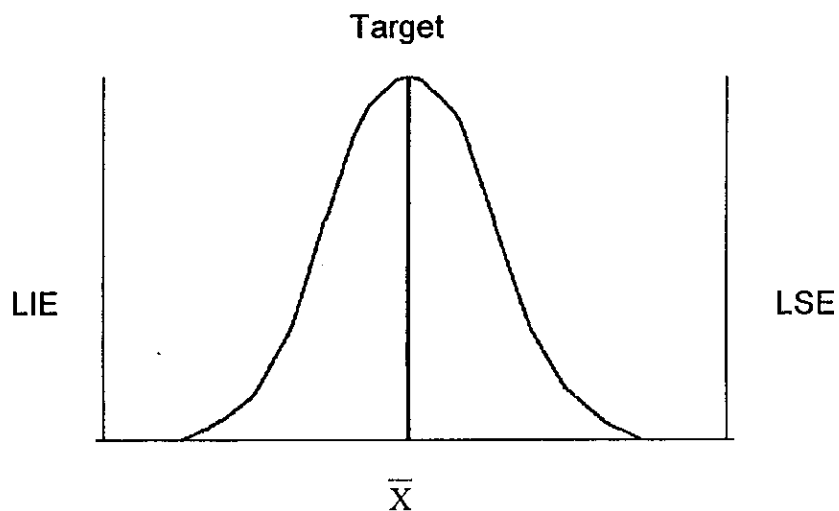
La fórmula para calcular el Cr es:

$$Cr = \frac{6*s}{LSE - LIE}$$

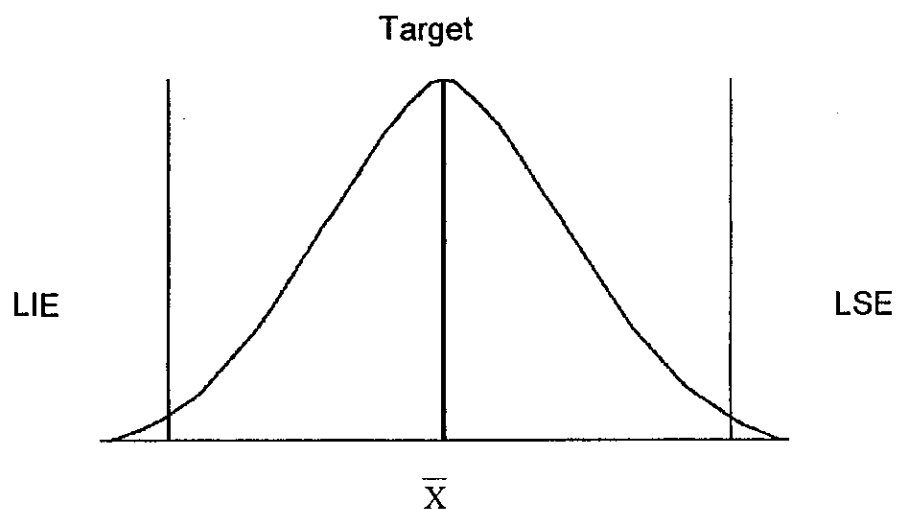
En las siguientes figuras se observa la interpretación gráfica del Cr .



$$Tz = 0, Cr = 1.0$$



$$Tz = 0, Cr = 0.75$$



$$Tz = 0, Cr > 1$$

Ejemplo 9. La persona de Manejo de Materiales nos ha dado una cédula de producción con un requerimiento de 200 cajas diarias. Con la finalidad de no afectar ni los inventarios, ni dejar sin producto al mercado, una variación de más/menos 20 cajas diarias (10%) es permitida.

a) Cuál sería en este caso el Target, el límite superior (LSE) y el límite inferior (LIE)?

Target = 200 cajas LSE = 180 cajas

LIS = 220 cajas

b) Suponiendo que después de hacer un muestreo de 3 meses y obtener 60 datos se encuentra que la media aritmética es de 209 y la desviación estándar es de 4. ¿Cuál sería el Tz y el Cr? ¿Existe posibilidad de tener producto fuera de especificaciones?

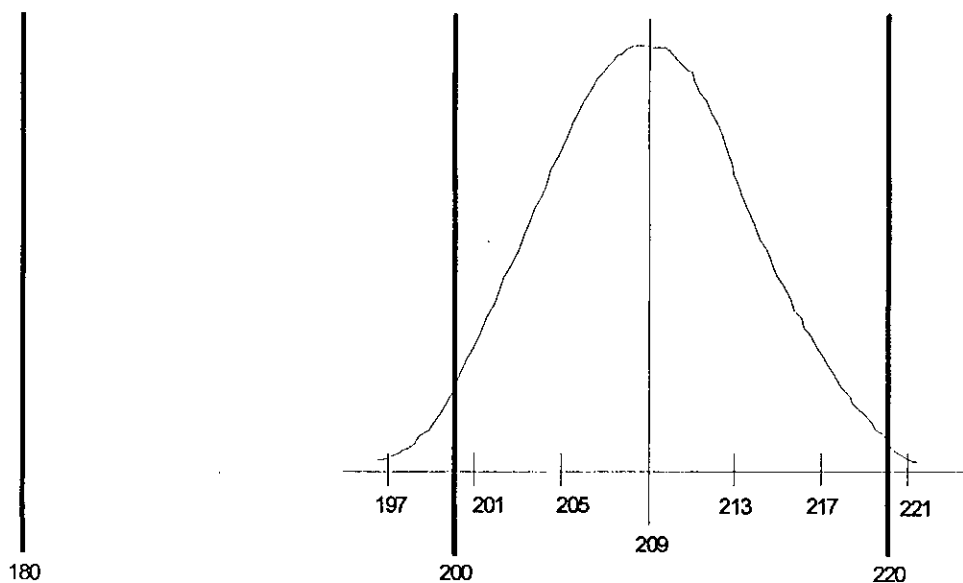
$$Tz = (209 - 200) / 4$$

$$Tz = 2.25$$

$$Cr = (6 * 4) / (220 - 180)$$

$$Cr = 0.60$$

Para saber la respuesta a la tercera pregunta hacemos una curva normal con 6 desviaciones estándar de ancho, marcamos la media, el Target y los límites de especificación y lo que vemos es:



De esta gráfica podemos concluir que existe la posibilidad de tener días en los que estemos fuera de lo especificado. Es decir que hay días en que producimos más de 220 cajas por lo que afectamos los inventarios.

En este caso el Cr está dentro del criterio establecido, es decir, es menor a 0.75. Sin embargo el Tz es mucho mayor a lo establecido por el criterio de 0.5.

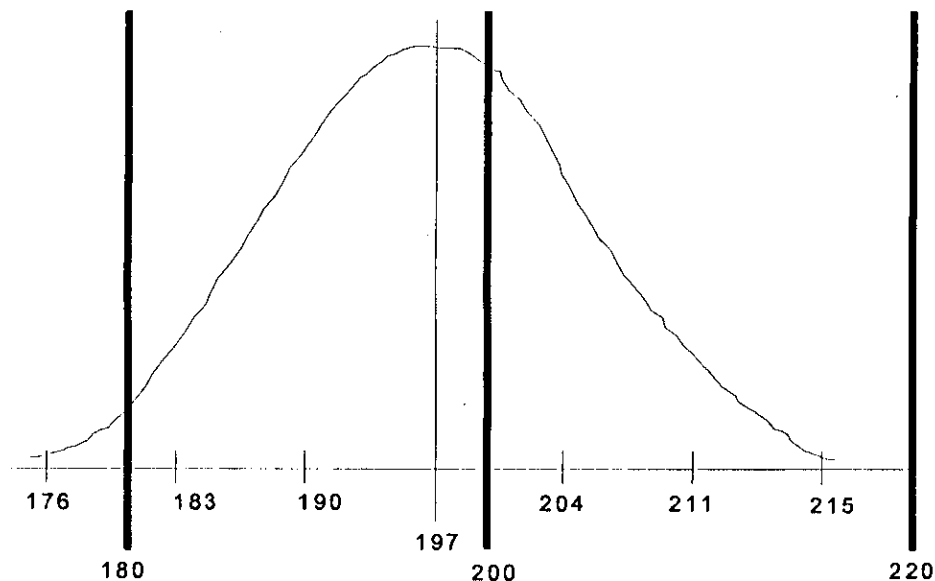
c) Supongamos ahora que el análisis de los datos nos dice que tenemos una media aritmética de 197 y una desviación estándar de 7. ¿Cuál sería el Tz y el Cr? ¿Existe posibilidad de tener producto fuera de especificaciones?

$$Tz = (197 - 200) / 7$$

$$Tz = - 0.429$$

$$Cr = (6 * 7) / (220-180)$$

$$Cr = 1.05$$



En este caso, el Tz está dentro del criterio. Sin embargo el Cr es muy grande; es decir, la curva es muy ancha. Esto indica que hay días en los que producimos menos de lo deseado y dejamos al mercado sin producto.

d. El Cpk

El Cpk (también llamado "holgura de capacidad") es una medida alterna de la variación de un proceso. Esta se utiliza cuando no se tiene definido alguno de los límites de especificación (superior o inferior). Gráficamente nos da una idea de la distancia entre la media y el límite de especificación definido.

Un valor muy pequeño del Cpk indicaría estar demasiado cerca a un límite de especificación. Esto podría suceder cuando hay mucha variación o poco acercamiento al Target.

La fórmula para calcular el Cpk es:

$$Cpk_{\text{superior}} = \frac{LSE - \bar{X}}{3 * S} \qquad Cpk_{\text{inferior}} = \frac{\bar{X} - LIE}{3 * S}$$

B. Estrategia de Control Estadístico de Procesos

1. Repaso Histórico

El Control de Calidad es tan viejo como la propia industria. Desde el momento en que el hombre comenzó a elaborar cosas con sus manos, o sea, a manufacturar, debió existir interés en la calidad de lo producido. Ya en la Edad Media los gremios o hermandades de artesanos habían establecido un largo período de adiestramiento para aprendices y exigían que quienes trataran de convertirse en maestros de un oficio, presentaran pruebas de su aptitud y habilidad. Tales reglas estaban orientadas en parte al mantenimiento de la calidad. En los tiempos modernos la inspección e investigación en las fábricas, las leyes relativas a la pureza de alimentos y medicamentos y las actividades de las sociedades profesionales han buscado durante años asegurar la buena calidad de la producción. El control de la calidad tiene pues una larga historia.

Por otra parte, el control estadístico de calidad es cosa nueva. La propia ciencia estadística cuenta sólo con dos o tres siglos de vida y su desarrollo más importante se ha producido durante los últimos setenta años. Sus primeras aplicaciones se llevaron a cabo en Astronomía, en Física y en las Ciencias Biológicas y Sociales, pero no fue sino hasta la década de los veinte, cuando la teoría estadística comenzó a ser aplicada en forma efectiva al control de calidad. Un factor del nacimiento del control estadístico de calidad en esa época fue el desarrollo, en los años inmediatamente anteriores, de una teoría científica de muestreo.

El primero en aplicar los nuevos métodos estadísticos al problema del control de calidad fue Walter A. Shewhart, de los Bell Telephone Laboratories. En un memorando escrito el 16 de mayo de 1924, Shewhart hizo el primer esbozo de un moderno "diagrama de control". La nueva técnica fue desarrollada posteriormente en varios otros memorandos y artículos y en 1931 publicó un libro acerca del control estadístico de calidad, con el título de Economic Control

of Quality of Manufactured Product. Este libro fijó las normas para posteriores aplicaciones de los métodos estadísticos al control de procesos de fabricación. Otros dos hombres de Bell System, H.F. Dodge y H.G. Romig, fueron los más destacados en el desarrollo de la aplicación de la teoría estadística a la inspección de muestras. La culminación de su trabajo lo constituye las ya bien conocidas *Sampling Inspection Tables* de Dodge-Romig. El trabajo de Shewhart, Dodge y Romig constituye la mayor parte de lo que hoy abarca la teoría del control estadístico de calidad.

En los primeros años de la década de 1930, estos investigadores del Bell System, en colaboración con la American Society for Testing and Materials (ASTM), la American Standards Association (ASA) y la American Society of mechanical Engineers (ASME) emprendieron la tarea de divulgar los nuevos métodos estadísticos de Estados Unidos. Shewhart estuvo también en Londres, donde se reunió con destacados estadísticos e ingenieros británicos.

En Estados Unidos, a pesar de la publicidad dada a estos nuevos métodos, su adopción fue lenta al principio. El profesor H.A. Freeman, quien había estado promoviendo el control estadístico de calidad en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) atribuyó esta lentitud en la respuesta durante los primeros años a “una profunda convicción de los ingenieros de producción norteamericanos en el sentido de que su principal función consiste en mejorar los métodos técnicos, de manera que no se ocasione ninguna variación importante en la calidad, y que de todos modos las leyes de las probabilidades no tienen cabida en los métodos “científicos” de producción” y a “la dificultad de obtener estadísticos industriales adecuadamente entrenados en este campo tan complejo”. En 1937, quizá no pasaba de una docena el número de empresas norteamericanas dedicadas a las industrias de producción en masa que habían introducido la nueva técnica en sus operaciones normales.

Esta frialdad inicial de la industria norteamericana hacia el control estadístico de calidad fue abandonada rápidamente durante la Segunda Guerra Mundial. La iniciación del conflicto en 1939, obligó a Estados Unidos a pensar en la defensa nacional. Esto significaba un incremento notable del personal militar y el material bélico. Las fuerzas armadas aparecieron en el mercado como consumidores de importancia de la producción industrial y, como tales, tuvieron un influjo creciente en las normas de calidad.

La influencia de las autoridades en lo que respecta a la adopción del control estadístico fue de dos tipos. En primer lugar, los servicios militares adoptaron procedimientos científicamente ideados para la inspección por muestreo. El paso inicial en el desarrollo de los procedimientos militares para la inspección por muestreo se realizó poco después de la entrada de Estados Unidos en la guerra, cuando —a propuesta del gobierno— un grupo de distinguidos ingenieros de los Bell Telephone Laboratories fue llevado a Washington para elaborar un programa de inspección por muestreo para el Servicio de Municiones de Ejército. Las tablas para la inspección por muestreo para ese servicio y las Army Service Forces, que aparecieron en 1942 y en 1943, fueron, en muy buena medida, trabajo de estos hombres. Por otra parte, estas personas llevaron a cabo un extenso programa de entrenamiento para instruir al personal del gobierno en el uso de nuevos procedimientos y tablas.

La segunda línea de influencia de los organismos militares, consistió en el establecimiento de un programa educativo muy amplio para personal industrial y de otra clase. En diciembre de 1940 la American Standards Association inició a partir de la Z1.1-1941 y Z1.2-1941: "Guía para el control de calidad y método de los diagrama de control para el análisis de datos" y del American War Standard Z1.3-1942, "Método de diagramas para controlar la calidad durante la producción". Estos estándares o normas expresaban en forma concisa la práctica de los diagramas de control y sirvieron de material didáctico para posteriores cursos de instrucción y entrenamiento. En julio de 1942 en la

Universidad de Stanford se dio un curso intensivo de 10 días acerca del control estadístico de la calidad, al que acudieron representantes de las industrias bélicas y de las agencias y organismos de compras de las fuerzas armadas. Más tarde el curso se redujo a ocho días y fue dado en Los Angeles. Estos cursos resultaron posibles gracias al respaldo financiero del programa de Instrucción y Entrenamiento en Ingeniería, Ciencias y Administración en Tiempo de Guerra de la Dirección de Educación del gobierno de Estados Unidos. El éxito de este primer programa educativo llevó a la Dirección de Investigadores y Desarrollo para la Producción (OPRD, Office of Production Research and Development) de la Junta de Producción Bélica (War Production Board) a establecer cursos semejantes en todo el país. En consecuencia, de 1943 a 1945, 810 organizaciones de 35 estados enviaron representantes para asistir a uno o más de los 33 cursos intensivos, sobre control estadístico de calidad impartidos por la OPRD. Entre estas 810 organizaciones figuraban 43 instituciones educativas, la mayoría de cuyos representantes eran miembros del personal docente que se preparaba para proporcionar instrucción en control de calidad.

Cabe mencionar en este momento, la investigación en tiempo de guerra del control estadístico de calidad, especialmente la del Grupo de Investigaciones Estadísticas de Investigación y Desarrollo científico. Este grupo fue organizado en julio de 1942 y existió hasta septiembre de 1945. Sus miembros procedían de universidades y organismos de investigación de todo el país. Asesoró y ayudó al Ejército, a la Armada y a la oficina de Investigación y Desarrollo Científico, en los aspectos estadísticos de problemas que eran consecuencia de sus actividades. Investigó ciertos problemas de carácter predominantemente estadístico o probabilístico y desarrolló, revisó y dio a conocer las técnicas estadísticas. Entre sus contribuciones al control estadístico de calidad estuvo la elaboración de los manuales para la Armada, relativos a la inspección de muestras por atributos, que más tarde habría de ampliarse. Sus principios son explicados en el libro *Sampling Inspection (Inspección por muestreo)*, de

MacGraw-Hill Book Company (1948). Otra contribución a la estadística industrial fue el tratado titulado *Selected Techniques of Statistical Analysis for Scientific and Industrial Research and Production and Management Engineering*, publicado por MacGraw-Hill en 1947. Una de las aportaciones más importantes al control estadístico de calidad la constituyó el desarrollo del llamado muestreo secuencial, por el profesor A. Wald. En efecto, el muestreo secuencia fue considerado tan importante por el gobierno de Estados Unidos, que éste detuvo la publicación del trabajo de Wald hasta junio de 1945.

Los cursos de entrenamiento y los programas de investigación patrocinados por el gobierno federal dieron origen en varios centros industriales a grupos de personal diestro y competente. Después de los cursos preparatorios se formaron sociedades de control de calidad en distintos lugares, cuyas reuniones ofrecían oportunidades permanentes para el intercambio de ideas y la instrucción de nuevos miembros. En Buffalo, la Sociedad de Ingenieros de Control de calidad, en cooperación con la Universidad de Buffalo inició en 1944 la publicación del *Industrial Quality Control*, bajo la dirección de Martín Brumbaugh. La nueva publicación logró rápidamente una circulación de alcance nacional. Todo esto llevó a un uso creciente del control estadístico de calidad en los últimos años de la guerra. Poco después de terminada ésta, existía suficiente interés para construir el organismo nacional conocido como *American Society for Quality Control (ASQC)*. George D. Edwards, director de Afirmación de Calidad en Bell Telephone Laboratories fue el primer presidente de la nueva organización y Walter A. Shewhart pasó a ser su primer miembro honorario. Constituida el 16 de febrero de 1946, la Sociedad Norteamericana para el Control de Calidad tenía, en 1985, 198 secciones locales y 13 divisiones y el número de sus asociados pasaba de 39,000. Se hizo cargo de la publicación *Industrial Quality Control* y pasó a convertirse en el hecho más importante para la promoción del uso del control estadístico de calidad en el continente americano. En Japón se creó una sección de esta sociedad.

En Gran Bretaña el desarrollo del control estadístico de calidad fue paralelo y llegó a combinarse con el de Estados Unidos. Desde principios de la década de 1920, Bernard Dudding, de los laboratorios de investigación de la General Electric Company, en Wembley, realizó análisis estadísticos acerca de la variación en la calidad de la producción. La necesidad de estudiar variaciones en muestras pequeñas considerando un fundamento de probabilidad fue destacada en un artículo escrito por él en 1929 para dicha compañía. Dado que se hace referencia ahí a artículos publicados por Shewhart y otros investigadores en *The Bell System Technical Journal*, no está claro si la aplicación de la teoría del muestreo como control de valores medio la pensó Dudding antes de que hubiese tenido conocimiento de esos artículos. En 1925, L.H.C. Tippett, un estadístico empleado en la industria textil algodonera de la Gran Bretaña, publicó su estudio acerca de la distribución de las amplitudes de muestras tomadas de un universo normal, el cual fue utilizado por Shewhart en su libro *Economic Control of Quality of Manufactured Product*.

En 1931, Egon S. Pearson, de University College, en Londres, vino a Estados Unidos y pasó algunos días en conversación con Shewhart. Como resultado, este último fue invitado a ir a Gran Bretaña a dar tres conferencias en el University College acerca de "El papel del método estadístico en la estandarización industrial". Las cosas se movilizaron rápidamente en Inglaterra. En la reunión de la Royal Statistical Society realizada en diciembre de 1932, Pearson dio a conocer su estudio titulado "Un análisis de las aplicaciones del método estadístico en el control y la estandarización de la calidad de productos manufacturados. Poco después esta sociedad estableció una sección de investigaciones industriales y agrícolas, y autorizó un suplemento en la publicación oficial para dar a conocer artículos referentes a este nuevo campo de aplicación. Es interesante observar que en el comité provisional que organizaba esta sección figuraban representantes de las siguientes instituciones: Imperial Chemical Industries, London School of Hygiene, Boot Trade Research Association, departamento de Estadística aplicada, del University College,

Londres, y de la School of Agriculture, Cambridge. En la primera reunión del comité, el trabajo inicial fue leído por R.H. Pickard, presidente de la British Cotton Industry Research Association. Como consecuencia de las conferencias de Shewhart la British Standard Institute estableció un pequeño comité encargado de Métodos Estadísticos en la Estandarización y la Especificación, en el que figuraban Egon Pearson, Dudding y representantes de diversas industrial británicas. Un resultado fue la norma BS600-1935 The Application of Statistical Methods to Industrial Standardization and Quality Control que llevó el nombre de Egon Pearson. Otra "guía" formulada posteriormente fue la Bs 2564(1995) Control Chart Technique when manufacturing of a specification, elaborada por B.P. Dudding y W. J. Jennet (preparada originalmente para la General Electric Company en 1944). Una excelente descripción de estos orígenes del control estadístico de calidad en Gran Bretaña se tiene en el artículo de E.G.Pearson en The Statistician 22 (1973), págs. 165-178.

La respuesta de la industria británica a los nuevos métodos estadísticos fue rápida y amplia. En 1937 ya era aplicada a productos como hulla, coque, hilados y tejidos de algodón y de lana, cristales para anteojos, lámparas, material para construcción y productos químicos. La aplicación se vio estimulada como consecuencia de la guerra y en 1952 la Royal Statistical Society incorporó la revista Applied Statistics a su grupo de publicaciones.

Desde Estados Unidos y Gran Bretaña, las técnica del control de calidad se extendieron a otros países. Bajo la dirección de Dr. W. Edwards Deming, el control de calidad estadístico en Japón ha evolucionado hasta convertirse en uno de los mayores del mundo. En Europa se formó la Organización Europea para el Control de Calidad. El Comité Técnico para Aplicaciones de los métodos Estadísticos de la Organización Internacional de Normalización (ISO International Organization for Standardization) tiene como misión emitir normas para planes de muestreo y diagramas de control. En la actualidad casi todas las

naciones industrializadas utilizan los métodos estadísticos para el control de la calidad.

Después de los diagramas de control y los planes de muestreo, otras técnicas, como las de correlación, análisis de variancia y diseño de experimentos, han llegado a ser de uso común en laboratorios industriales y en departamentos de investigación. El empleo de estos medios se incrementó rápidamente, como sucedió con el de los bien conocidos diagramas de control y los planes de muestreo. Como las dos primeras ya eran técnicas establecidas, su iniciación en el empleo industrial no se vio acompañada por el despliegue publicitario que tuvo la introducción de las técnicas que caracterizan el control de calidad. El hecho de que se referían principalmente a la investigación más que al control o inspección de procesos, puede haber causado que se mantuvieran sin mayor publicidad. Sin embargo, no es aventurado afirmar que estos medio estadísticos son tan útiles hoy en la investigación industrial como lo fueron en las investigaciones biológicas, agrícolas y sociales.

En años recientes han aparecido nuevas líneas de desarrollo. Una de ellas ha sido el análisis de superficie de respuesta, ampliamente relacionado con el nombre del profesor George E.P. Box. Esta técnica exploratoria sistematizada ha sido bien acogida por la industria química, y también el procedimiento estrechamente asociado con la misma, conocido como operación evolucionaria.

En la teoría de la probabilidad y estadística ha habido un interés creciente en los procesos estocásticos. En el terreno industrial esto ha llevado a la creación de diagramas de control por sumas acumuladas y de un procedimiento conocido como control adaptativo de calidad. El primero fue fundamentalmente obra de dos investigadores británicos E. S. Page y G. A. Barnard, pero en Estados Unidos la División Química de la ASQC tomó gran interés en el tema. El "control adaptativo de calidad" ha sido promovido por G. E. P. Box y G. M. Jenkins.

Un tercer desarrollo importante en años recientes ha sido el surgimiento de la ingeniería de confiabilidad. Debido a su mayor alcance, esta área ha sido desarrollada no sólo por la American Society for Quality Control sino también por organismos como el Institute of Electrical and Electrónica Engineers (IEEE). Una rama muy importante de la ingeniería de confiabilidad es el "ensayo de duración". Una importante norma en esta área es la Mil. Std. 781C Reliability Desing Qualification and Production Acceptance Test: Exponential Distribution y la norma Mil. Std. 781D Reliability Test Methods, Plans and Environments for Engineering Development, Qualification and Production ambas emitida por el Comando Naval de Sistemas Electrónicos. Los extremadamente altos estándares requeridos en general por la ingeniería de confiabilidad, especialmente en el desarrollo de los sistemas de misiles o cohetes teledirigidos, han creado una dimensión totalmente nueva en el problema de la calidad. En un intento para motivar a los trabajadores a producir una calidad casi perfecta, se han creado programas especiales para "cero defectos". En 1966 quienes laboraban en este campo organizaron la American Society for Zero Defects (Sociedad norteamericana para la producción con cero defectos). El nombre cambió posteriormente, y en 1985 la organización era conocida como la American Society for Performance Improvement (Sociedad norteamericana para el mejoramiento de la realización).

En general ha habido un reconocimiento creciente en el sentido de que es altamente deseable la participación de los trabajadores en la implantación de los programas de control de calidad. No solamente tiene un trabajador con frecuencia sugerencias muy en relación con las mejoras, sino que su participación le da interés personal en el logro de una mejor calidad. En Japón, la participación de los trabajadores se ha logrado por medio de los llamados "círculos para el control de la calidad". En Estados Unidos se está desarrollando mediante lo que se llama "participación en el resolución de problemas"

Un progreso muy reciente en Estados Unidos ha sido el incremento del fenómeno del consumismo, el cual ha llevado a la creación de normas obligatorias de tipo federal referidas fundamentalmente a la seguridad de los productos. Una característica especialmente significativa ha sido la creación, en 1972, de una Comisión para la Seguridad de los Productos de Consumo (de E.U.A.), facultada para promulgar normas de seguridad aplicables a todos los tipos de productos dirigidos al consumidor. Un avance paralelo ha sido un mayor interés en la normalización y en la promoción llevada a cabo por el American National Standards Institute (ANSI) de un programa de certificación de productos, realizado por medio de pruebas de laboratorio, llevadas a cabo por terceras personas y pagadas por el fabricante. La cada vez mayor preocupación acerca de las condiciones ambientales se ha traducido también en programas para el control de calidad del agua y del aire.

Ante el surgimiento de normas obligatorias federales para la seguridad, la Sociedad Norteamericana para Pruebas de Materiales (ASTM) ha establecido un nuevo comité (F-15) para la seguridad de productos de consumo, que colaborará con la Comisión para la Seguridad de los Productos de Consumo con vista a la creación de normas. El propósito es mantener a la industria ligada con los sectores que necesitan control y crear sobre una base voluntaria y de consenso, las normas que finalmente hayan de ser adoptadas por el gobierno federal como obligatorias. La Comisión para la Seguridad de los Productos de Consumo no tiene autorización para incluir planes de muestreo en sus normas de productos, pero puede incluirlos en sus reglas de certificación, de manera que los planes de muestreo recomendados por un comité de la ASTM para una determinada especificación de producto pueden llegar a ser parte de los procedimientos de la CPSC.

Un desarrollo importante de las normas para el control de la calidad fue la organización en 1974 del Comité para el Aseguramiento de Calidad Z1 por parte del American National Standards Institute.

En el campo del aseguramiento de la calidad, desarrollar y revisar las normas genéricas que tengan aplicación general, incluyendo el desarrollo de las orientaciones adecuada de esa naturaleza, y asesorar en otras actividades relacionadas con las normas que se refieran a la afirmación o aseguramiento de la calidad en sectores específicos, estableciendo contacto con las actividades internacionales correspondientes. La elaboración de normas para determinados productos o industrias no está incluida en las finalidades de este Comité (ANSI, 1974).

La Sociedad Norteamericana para el Control de Calidad designa por Z1 al organismo que integra este nuevo comité del ANSI.

Un desarrollo muy reciente en Estados Unidos ha sido el auge del interés por la calidad de los bienes y servicios en general y del papel que ha de desempeñar la administración superior en el mejoramiento de la calidad y en el incremento en productividad, que puede alcanzarse por la reducción en el material de desecho o en la reelaboración de productos que no cumplen las normas. Este desarrollo fue fomentado por la presión de la competencia con los productos extranjeros, especialmente japoneses, y fue destacada por la publicación en 1982 del libro de W. Edwards Deming Titulado Quality, Productivity and Competitive Position por el Centro de estudios Avanzados de Ingeniería del MIT el que en 1986 fue superado por su nuevo libro Out of the Crisis.

En respuesta a este acrecentado interés por la calidad, la American Statistical Association estableció a principios de 1984 un Comité Ad Hoc para Calidad y Productividad, destinado a estudiar las contribuciones que pudieran aportar los estadísticos. A su vez, en su reunión de enero de 1985, la National Society of professional Engineers aprobó la formación de un organismo "no lucrativo" llamado American Quality and Productivity Institute y la invitación a otros organismos como la American Statistical Association, a que participen

como copatrocinadores. Mientras este libro entraba en prensa, el efecto global de este reciente y acentuado interés en la calidad estaba a punto de materializarse.

Conviene destacar, en conclusión, la cooperación de la ASQC y la American Statistical Association en la publicación de *Technometrics*, un boletín de estadística dirigido a las ciencias físicas, químicas y de ingeniería. La revista *Industrial Quality Control* publicada por la American Society for Quality, fue suspendida en 1968 y reemplazada por otras dos: *Quality Progress* y *Journal of Quality Technology*. Debe saberse también del establecimiento de una Academia Internacional de la Calidad y la formación de una sección del Instituto Internacional de Estadística, conocida como Asociación Internacional para la Estadística en las Ciencias Físicas.

2. Lo que puede hacer el Control Estadístico de Calidad

El *New York Times* (1949) presentó el siguiente encabezado en su página financiera.

«Controles de calidad para reducir pérdidas. Economías de 25% en la producción industrial comprometidas a aplicar un nuevo sistema para terminar con los desperdicios»

El artículo de fondo se refería a una conversación celebrada con C. W. Kennedy, ingeniería de control de calidad de la Federal Products Corporation. Los puntos más destacados en el artículo del *New York Times* (1949) eran los siguientes:

«Se han obtenido marcas sorprendentes en el mejoramiento de las relaciones con los empleados, puntos de equilibrio en las ganancias más bajos que los anteriores, eliminación de desperdicios y costos más reducidos...»

El control de calidad ha llegado a ser el primer punto de ataque en la mejora de métodos, porque en muchas plantas el desperdicio y las pérdidas originados por rechazos, sobrantes, desperdicios, recuperación y prefabricación alcanzaban un valor de 25% de la producción total. Un

margen o intervalo de variación entre 5 y 25% no es infrecuente, en tanto que un sistema adecuadamente diseñado puede reducir estas pérdidas hasta un máximo del 1% y permanecer en esta cifra.

Uno de los ejemplos más espectaculares de grandes reducciones de costos, posibles ganancias al control científico de calidad, es la reducción en el precio de las penicilina... los fabricantes de drogas... reconocen que el control de calidad hizo posibles los nuevos precios más bajos.

Algunos casos... muestran aumentos en la producción de hasta 10%, además de una reducción en desperdicios, material de recuperación, sobrantes y productos que requirieron nuevo procesamiento...

Una conveniencia adicional del control adecuado de calidad es una mejoría en la moral o estado de ánimo de los trabajadores. El 90% del personal que labora en producción desea "Hacer su trabajo como es debido, y en forma subconsciente resiente llevarlo a cabo en forma que dé lugar a rechazos.»

Otros ejemplos de lo que el control de calidad puede lograr fueron informados en *The Wall Street Journal* (1949). Aquí se escribió:

«La Gillete Safety Razor, por ejemplo, descubrió mediante un sistema de control de calidad, que su departamento de tornos producía mucho más desperdicio que lo que los diagramas indicaban como necesario. Por cada \$45,000 de piezas torneadas cada mes, resultaban \$4,000 de material de desecho, \$1,000 de piezas que necesitaban volver a ser trabajadas, \$2,500 gastados en la inspección de los productos acabados y \$1,500 invertidos en la inspección preventiva durante el proceso.

La investigación realizada mostró que 20% de las dificultades eran causadas por operación inadecuada. En un caso, un trozo de material no quedaba colocado adecuadamente en la máquina. En otro, sólo era necesaria una leve alteración de la herramienta y en otro más hubo que cambiar lo hábitos en el afilado de las herramientas.

En total, las correcciones redujeron la producción de desechos y la repetición del trabajo de \$5,000 a \$1,500 por mes. Este no era, sin embargo, el ahorro total. Como los diagramas de control mantenían una comprobación sobre las operaciones, no se requería una inspección final, y así se eliminaron otros \$2,500 mensuales en costos.

En parte como resultado de un análisis análogo en su departamento de cardado, la Bigelow-Sanford Carpet Co. espera ahorrar \$1,800,000 durante el primer año de aplicación de su programa de control de calidad, el cual terminará en julio. Las cardas o máquinas cardadoras sitúan paralelamente las fibras de lana antes de que sean torcida para formar la hilaza. Los diagramas de control indicaron que las máquinas eran capaces de preparar la lana de manera que se observara mucho menor variación en el grueso de la hilaza.

Las variación en el grueso significan variaciones en la resistencia a la tensión que puede ocasionar costosas rupturas de la hilaza en operaciones posteriores, o traducirse en defectos en las alfombras terminadas. La Bigelow-Sanford venía perdiendo \$2,000,000 al año en rebajas otorgadas en alfombras que tenían variaciones anormales en su grosor y otros defectos.

"Se requirió el esfuerzo combinado de operarios, supervisores e ingenieros para establecer los cambios necesarios en los métodos operativos y en el equipo, los que resultaron en una reducción de 25% en las variaciones de espesor", expresa R. F. Hurst, director de control de calidad de Bigelow-Sanford.»

Los ejemplos anteriores ilustran lo que puede lograrse con los diagramas de control. Podrían encontrarse otros ejemplos que ilustren la ventaja de contar con un procedimiento de inspección basado en una sólida teoría estadística. Esto es particularmente cierto cuando se emplea la inspección por muestreo. Con un plan de muestreo científicamente ideado puede obtenerse un alto porcentaje de aceptación del producto con calidad estándar, a la vez que se fija un límite superior para la fracción defectuosa del material producido.

Podrían exponerse otros ejemplos más acerca de las ganancias obtenibles al emplear la teoría estadística en la investigación industrial. En general, el control estadístico de calidad puede ahorrar dinero y así ha venido haciéndolo.

3. Definición de control

W. A. Shewhart (1931) da la siguiente definición: "Se dice que un fenómeno está bajo control, para nuestros fines, cuando, basándose en la experiencia del pasado, se puede predecir dentro de qué límites se espera que varíe dicho fenómeno en el futuro".

La expresión predecir indica dentro de qué límite podemos establecer, al menos aproximadamente, la posibilidad de que el fenómeno permanezca dentro de las tolerancias fijadas.

Añade Shewhart algunos ejemplos para aclarar el concepto de posibilidad de la predicción. Es evidente que el momento en que va a ocurrir un eclipse, la distancia que un cuerpo recorrerá al caer desde una altura determinada, se puede predecir con toda exactitud. Pero no ocurre lo mismo con la “esperanza” de sobrevivir hasta una edad determinada, o la velocidad molecular en un instante determinado.

Hemos, pues, de formular unas bases científicas para la predicción de acuerdo al azar, que es toda causa desconocida que pueda actuar en un fenómeno.

4. Postulados de Shewhart

a. Primer postulado de Shewhart (1931)

«No todos los sistemas de causas de azar son semejantes, en el sentido de que sea posible predecir el futuro en términos del pasado.»

Este postulado nos indica que si queremos predecir la calidad de un producto o de un proceso, dentro de determinados límites, debemos previamente dar una pauta que fije un criterio basado en la observación y nos diga cuándo el sistema de causas de azar nos permite, o no, hacer la predicción.

b. Segundo postulado de Shewhart (1931)

«En la naturaleza existen sistemas constantes de causas de azar.»

Tenemos aquí que considerar dos problemas distintos, primero, comprobar la existencia de sistemas constantes de causa de azar en la naturaleza y, segundo, determinar su existencia en un proceso de fabricación.

Por ejemplo, supongamos la fabricación de un aparato y la representación gráfica del tanto por ciento de aparatos defectuosos construidos cada mes.

¿Podemos deducir de la observación de este gráfico, que las variaciones en los tantos por ciento de aparatos defectuosos son de azar?

Actualmente las numerosas aplicaciones del control estadístico de calidad proporcionan un sin fin de ejemplos en los que se registran causas desconocidas de la variabilidad de la calidad de un producto y estas causas no pertenecen, en general, a un sistema constante. El problema estriba en localizar estas causas "accidentales", "asignables" o "imputables", que son conocidas y eliminarlas en las tres formas.

Esto podía parecer una temeridad en los primeros tiempos de la aplicación del control estadístico de calidad, pero después de la experiencia de años, los resultados evidentes de muchos casos justifican plenamente esta forma de actuar.

5. Características del Control Estadístico de la Calidad

La experiencia y la observación, apoyadas en la Estadística descriptiva, han permitido metodizar el control estadístico de la calidad y distinguir dos características principales.

a. *Primera Característica*

Según Shewhart (1931), la calidad no se inspecciona, sino que se crea por medio de la inspección.

Aunque ello se le antoje extraño al no iniciado en cuestiones de fabricación, la calidad es un conjunto de condiciones imposible de definir concretamente, en términos generales. Son muchas las factorías que, víctimas de la rutina, no hacen ningún esfuerzo para aplicar nuevos procedimientos de inspección, que permitan mejorar la calidad de sus productos en una forma continua y quedan rezagadas e imposibilitadas para continuar la dura lucha que tantas veces impone la competencia.

Actualmente es una utopía suponer que todas las industrias sepan lo que quieren lograr y la distancia a que se encuentran de una meta fijada en lo que a CALIDAD se refiere.

La inspección estadística permite, a la larga, dar valores numéricos a la calidad de un producto, o de un proceso y se abre el camino de la SUPERACIÓN.

Los americanos, con su aguda percepción comercial, emplean más cada vez el mensaje, "la calidad de hoy es la propaganda de mañana"

Muchas industrias débiles desaparecen debido a la mala calidad de sus productos; si no se requiere seguir el mismo camino es forzoso crear calidad con la Inspección Estadística.

b. Segunda Característica

En el Control Estadístico de la Calidad, admitimos la variabilidad, pero dentro de unos límites (Shewhart, 1931).

Es prácticamente imposible, desde un punto de vista técnico, conseguir dos piezas exactamente iguales. Sin embargo, la experiencia nos dice que se pueden considerar y aceptar, como si lo fuesen, piezas que estén comprendidas dentro de ciertas tolerancias satisfactorias.

La inspección estadística tiene la ventaja de demostrar, en gran número de casos, que las tolerancias técnicas no son las más apropiadas, unas veces por exceso y otras por defecto.

Esta segunda característica nos obliga a determinar, con rigor y apoyándonos en el mayor número posible de experiencias, los límites de variabilidad, límites que se llaman de Control.

C. ¿Qué es Quality Window?

Es un programa que debido a sus características también se le conoce como el programa que “Encuentra y repara” .

Esto es porque QW ayuda a “encontrar” o identificar variaciones o eventos en procesos o productos para que uno pueda entender mejor y “arreglar” la causa de éstos. Mediante la combinación de un programa que es fácil de entender y el uso de una metodología comprobada, QW puede entregar resultados que satisfacen las necesidades de todas las áreas en una organización.

Por ejemplo: para el operador de procesos, aseguramiento de calidad y personal de mantenimiento QW es una herramienta fácil de utilizar y entender, que está configurada para satisfacer sus necesidades, así que pueden entender y mejorar sus procesos. Ellos obtienen una retroalimentación inmediata de los datos que introducen y una indicación clara de qué y dónde hay problemas. Así, la gente que introduce y usa la información toma responsabilidad de la herramienta, lo cual es esencial en cualquier esfuerzo para mejorar. Un operador puede usar y entender QW con poco menos de media hora de entrenamiento en su uso.

El entrenador de sistemas de QW mira a QW como un excelente método para aplicar Control Estadístico de Procesos en la fábrica y una manera fácil de entender su objetivo. QW provee una herramienta que puede crear aplicaciones que envuelven los sistemas de trabajo existentes. El beneficio más importante de QW es que es una herramienta de cambio rápido. Esto significa que así como las cosas cambian rápidamente en el piso de producción, QW puede cambiar sin retrasos o pérdida de datos. QW también acepta datos de otros sistemas/divisiones tan bien como puede manejar datos fuera de otros sistemas, así elimina la necesidad de reintroducir los datos. Así como un entrenador dijo “el uso de QW es una forma de vida que nos ayuda a hacer el mejor producto posible para nuestros consumidores”.

Para los dueños de negocios/gerentes, QW apoya sus esfuerzos en la medición, control y mejora de procesos que pueden alcanzar una producción de mejor calidad y reducir costos de manufactura. Esto motiva a hacer esfuerzos para el control de calidad dentro del piso de producción, a detectar los problemas cercanos e infundir el sentido de pertenencia del proceso y datos en el personal. El gerente general de una compañía dijo "Nunca había visto tanto entusiasmo de los operadores por alguna herramienta de mejora... nosotros continuamos asombrados por los resultados y beneficios de su uso".

1. ¿Qué contiene QW?

QW combina el poder de las estadísticas en un formato fácil de entender, que permite al usuario enfocarse mejor en los problemas que en el entendimiento de las estadísticas. QW está hecho de tres programas principales o módulos: QWSETUP, QW y QWUTIL.

QWSETUP es la herramienta usada para crear y cambiar las aplicaciones. Una aplicación es un grupo de información relacionada que se necesita obtener de un producto, proceso o evento. Este programa será utilizado únicamente por las personas que crean y revisan las aplicaciones de QW.

QW es la herramienta utilizada por el operador para introducir y analizar los datos de una aplicación creada en QWSETUP. El operador debe introducir los datos y la información será desplegada en un formato fácil de entender, para indicar las condiciones que necesitan atención.

QWREPORT permite crear informes resumidos con uso, fechas, tiempo y datos y escoger qué estadísticas necesita el reporte. El resultado puede imprimirse directamente desde el expediente.

QWUTIL es usado para mover datos dentro o fuera de los archivos de QW, así como para representar las tareas de los expedientes. Es usado por

personas que desean compartir datos de las aplicaciones de QW con otros sistemas o programas.

QWTOOL es una colección de programas que pueden ser usados de un modo combinado o en una carga de expedientes para automatizar las tareas. Para usuarios de anteriores versiones de QW, este programa reemplaza al programa TOOL BOX.

2. Funciones de Quality Window

A continuación se presenta un resumen de las funciones de Quality Window:

Diseño de pantalla común para todas las pantallas: debido a que todas las pantallas tienen un diseño común o consistente, se pueden entender fácilmente sin importar la pantalla que se esté viendo.

La esquina superior izquierda tiene el nombre de la aplicación desplegada en pantalla.

La esquina superior derecha tiene el registro en el que se está.

La parte central superior de la pantalla indica el nombre de la pantalla en la que está actualmente.

La línea inferior de la pantalla tiene una lista de las pantallas que puede acceder desde esa pantalla

Acceso de una sola tecla: QW le proporciona un acceso de una sola tecla a la mayoría de las funciones y un uso intuitivo de estas teclas.

Ejemplo: Log (registro) en la parte inferior de la pantalla indica que al oprimir la tecla L se desplegará la pantalla de Log (registro).

Colores Intuitivos: QW usa colores para presentar de manera consistente una comprensión "rápida" de la información desplegada.

Hay cuatro colores usados en QW para lograr esta comprensión "rápida" de los datos. Su uso es consistente en todo QW y el rango numérico para cada zona de color se establece en QWSETUP, para cada variable numérica en una plantilla.

Los colores empleados por QW y las zonas que representan son:

Verde (Zona del Target). Indica que una variable está actualmente dentro de la zona del Target o es normal. La variable está "en control".

Amarillo (Zona de Advertencia). Indica que una variable está actualmente dentro de la zona del Target, pero más cercana a un límite de control que al Target.

Rojo (Zona de control). Indica que una variable está fuera de los límites de control establecidos para ésta o no es normal en el caso de una falla. Esto implica que algo ha provocado que esta variable se salga de control, por lo que deberá ser investigada y corregida.

Blanco (Zona de especificación). Indica que una variable está más allá de los límites de especificación definidos para ella. La causa de esta acción debe ser investigada y corregida en el momento.

Una variable en este estado puede indicar que el producto se está monitoreando y deberá ser reprocesado o rechazado desde el proceso.

3. El monitoreo de proceso

Se define como un muestreo rutinario o regular de mediciones numéricas como temperaturas, pesos o calibres.

El objetivo de este tipo de esfuerzo es evitar salirse de especificación por medio de la advertencia oportuna proporcionada por el uso de reglas de control, gráficas y estadísticas.

La gran ventaja de usar QW para las aplicaciones de monitoreo del proceso es que se puede dar seguimiento a un número grande de variables, y QW le indica en cuál de estos valores necesita enfocarse. QW hace esto a través del uso de la pantalla Summary (Resumen) que sólo muestra aquellas variables que violan las reglas de control. Esto protege su proceso de un ajuste excesivo, debido a que usted sólo ve aquellas variables que violan una regla de control. Esto ayuda a reducir la variación en su producto o proceso.

D. Ley de Pesos de Guatemala

1. Comisión Guatemalteca de Normas (C O G U A N O R)

La Comisión Guatemalteca de Normas fue creada el 5 de mayo de 1962 por Decreto Número 1523 del Congreso de la República, modificado por el Decreto 23-87 del 25 de mayo de 1987. La Comisión se creó adscrita al Ministerio de Economía y con las funciones siguientes:

- a) Dirigir, coordinar y unificar las actividades y las políticas del país en materia de fijación de normas.
- b) Estudiar, elaborar, modificar y proponer al Organismo Ejecutivo por conducto del Ministerio de Economía, la adopción de normas formuladas de acuerdo con su ley de creación y reglamentos respectivos.
- c) Constituir los Comités Técnicos de Trabajo para el estudio, elaboración y en su caso, modificación de cada norma en particular.
- d) Vigilar la aplicación de las normas adoptadas.
- e) Verificar el cumplimiento de las normas vigentes.
- f) Establecer y mantener relaciones con las organizaciones internacionales y regionales de fijación de normas.
- g) Tener bajo su jurisdicción todos los demás asuntos relacionados con la fijación de normas en Guatemala.

La Comisión está integrada por un Presidente y su respectivo suplente, ambos del Ministerio de Economía, seis miembros titulares y sus respectivos suplentes del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social; Ministerio de Trabajo y Previsión Social; Cámara de Industria; Cámara de Comercio; Asociación General de Agricultores y Colegio de Ingenieros de Guatemala. Las actividades administrativas están a cargo de un Secretario Ejecutivo, quien cuenta con el apoyo de personal profesional y técnico en las áreas de normalización, metrología y acreditamiento.

2. Actividades que realiza la COGUANOR

Normalización. A la fecha se han publicado 694 normas, de las cuales el 92% son de carácter obligatorio y el 8% de carácter voluntario. Esto incluye normas de especificaciones, métodos de ensayo, muestreo, terminología y otras áreas, en los campos de alimentos, medicamentos, plaguicidas, materiales de construcción, productos del petróleo, etc.

Las normas obligatorias, que se identifican con las siglas NGO, se relacionan con pesos y medidas, alimentos, medicinas, materiales de construcción y, en general, a todo lo relativo a la seguridad y conservación de la seguridad y la vida. Las normas recomendadas, identificadas con las siglas NGR, son las que se relacionan con bienes o servicios no contemplados por las normas obligatorias.

Para la elaboración de las normas, COGUANOR sigue el procedimiento siguiente:

Luego que COGUANOR recibe una solicitud de elaborar una norma en particular, se procede a integrar el comité técnico de trabajo correspondiente integrado con representantes de todos los sectores, gubernamentales o no, relacionados con el tema para que proceda éste a elaborar el proyecto de norma, para lo cual toma en cuenta toda la información relativa a normas de instituciones de otros países y de organismos internacionales de normalización, así como literatura técnica.

En algunos casos, la formación de comités técnicos es sustituida por el procedimiento de envío a encuesta pública de la propuesta de norma preparada por el personal técnico de COGUANOR u otra entidad o institución técnica. La propuesta es remitida a todos los sectores vinculados al tema, para que éstos envíen sus observaciones y si las mismas tienen fundamento técnico o económico, se incorporan al proyecto de norma.

Con la participación de todos los sectores se estructura el documento que deberá ser aprobado, de preferencia con el consenso de éstos, el cual constituirá el proyecto de norma.

El proyecto ya aprobado por el comité técnico es entregado a la Secretaría Ejecutiva de COGUANOR con un informe técnico, para que sea sometido a consideración del Consejo Directivo de COGUANOR y sea adoptado.

Luego de su adopción, se envía al Organismo Ejecutivo por conducto del Ministerio de Economía, para su aprobación por Acuerdo Gubernativo, el cual junto con la norma es publicado en el Diario Oficial. La norma cobra vigencia ocho días después de su publicación.

Metrología. La COGUANOR cuenta con un laboratorio de metrología en las áreas de masa, volumen y longitud. Las actividades metrológicas se iniciaron en 1986 con los objetivos fundamentales de: a) Difusión y aplicación del Sistema Internacional de Unidades (SI); b) Promover y facilitar la enseñanza del Sistema Internacional de Unidades y los principios de metrología en el país; c) Fijar normas y procedimientos para el uso de patrones secundarios y terciarios para la calibración de instrumentos de longitud, masa y volumen de acuerdo a una ley de Metrología; d) Lograr un proceso de planificación, organización, coordinación, ejecución y control de los programas de metrología en el territorio nacional, así como el apoyo necesario a las actividades de investigación científico-tecnológicas que desarrollen otras instituciones con el apoyo de la metrología; e) Fortalecer la protección al consumidor, comerciante e industrial mediante la verificación de la exactitud y buen funcionamiento de los equipos y/o instrumentos de medición de longitud, masa y volumen empleados en el intercambio comercial nacional e internacional; y f) Verificación del contenido neto de los productos preenvasados conforme a las normas COGUANOR vigentes en el país.

Verificación de calidad. La ley de la Comisión Guatemalteca de Normas designa a la misma para comprobar el cumplimiento de las normas obligatorias vigentes, para lo cual el Consejo Directivo estudia y aprueba un plan de comprobación anual, en el cual se incluyen productos diversos, particularmente aquellos de consumo popular. La toma de muestras puede realizarse en la planta productora o en el comercio, siendo el número de éstas adecuado al tamaño del lote de producto a ser comprobado para así obtener muestras representativas. En la comprobación se analizan las características que establecen las normas de los productos seleccionados. Las comprobaciones de calidad pueden realizarse por denuncias presentadas por entidades públicas o por personas individuales o jurídicas, para lo cual se acompañan al Ministerio de Economía las pruebas que estimen pertinentes.

3. Términos y sus definiciones, *COGUANOR (1962)*

«*Calidad.* La totalidad de las características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer necesidades explícitas e implícitas.

Nota 1. Una entidad puede ser, por ejemplo: una actividad o un proceso, un producto, una organización, un sistema o una persona, o cualquier combinación de ellos.

Nota 2. En una situación contractual o en un ámbito reglamentado, tal como el campo de la seguridad nuclear. Las necesidades están especificadas, mientras que en otros ámbitos, se deberían identificar y definir las necesidades implícitas.

Nota 3. En muchos casos, las necesidades pueden cambiar con el tiempo; esto implica la revisión periódica de los requisitos para la calidad.

Nota 4. Generalmente, las necesidades se traducen en características con criterios especificados. Las necesidades pueden incluir, por ejemplo, aspectos de desempeño, de facilidad de uso, de seguridad de funcionamiento (disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad), de aspectos relativos al medio ambiente, aspectos económicos y estéticos.

Nota 5. El término calidad no debería emplearse aisladamente ni para expresar un grado de excelencia en un sentido comparativo, ni para evaluaciones técnicas en un sentido cualitativo. Para expresar estos dos sentidos, se debería usar un adjetivo calificativo. Por ejemplo, se pueden emplear los términos siguientes:

"calidad relativa" cuando las entidades se clasifican en función de su grado de excelencia o en forma comparativa (no confundir con grado).

"nivel de calidad" en un sentido cuantitativo (según se usa en la toma de muestras para aceptación o rechazo) y "medida de la calidad" cuando se efectúan evaluaciones técnicas precisas.

Nota 6. La obtención de una calidad satisfactoria abarca todas las fases del ciclo de la calidad. Las contribuciones a la calidad de estas diferentes fases a veces son consideradas separadamente para distinguirlas: por ejemplo, la calidad debida a la definición de necesidades, la calidad debida al diseño del producto, la calidad debida a la conformidad, la calidad debida al respaldo para el producto a lo largo de su ciclo de vida.

Nota 7. En algunos textos, la calidad está identificada como "aptitud para el uso" o "aptitud para el empleo" o "satisfacción del cliente" o "conformidad con los requisitos". Estas expresiones sólo representan ciertas facetas de la calidad, tal como se indica más arriba.

Requisitos para la calidad. Expresión de las necesidades o su traducción en un conjunto de requisitos, establecidos en términos cuantitativos o cualitativos para las características de una entidad, para permitir su realización y examen.

Nota 8. Es esencial que los requisitos para la calidad reflejen completamente las necesidades explícitas e implícitas del cliente.

Nota 9. El término "requisitos" cubre los requisitos del mercado y los contractuales así como los internos de una organización. Estos pueden ser desarrollados, detallados y actualizados en diferentes etapas de la planificación.

Nota 10. Los requisitos establecidos en términos cuantitativos para las características incluyen, por ejemplo, valores nominales, valores asignados, límites de desviación y tolerancias.

Nota 11. Los requisitos para la calidad se deberían expresar en términos funcionales y estar documentados.

Grado. Categoría o rango asignado a entidades que tienen el mismo uso funcional pero diferentes requisitos para la calidad.

Nota 12. El grado refleja una diferencia planeada o reconocida en los requisitos para la calidad. El énfasis está puesto en la relación entre el uso y el costo.

Norma. Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que aporta, para uso común y repetido, reglas, guías o características para actividades o sus resultados, que tiene como objetivo conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado.

Nota 13. Las normas deben estar basadas en los resultados consolidados de la ciencia la tecnología y la experiencia, y que tiene como objetivo conseguir un beneficio óptimo para la comunidad.

Norma internacional. Norma que es adoptada por un organismo internacional de normalización/normas y que está disponible al público.

Norma regional. Norma que es adoptada por un organismo regional de normalización/normas y que está disponible al público.

Norma nacional. Norma que es adoptada por el organismo nacional de normas y que está disponible al público.

Normalización. Actividad de establecer, con relación a problemas reales o potenciales, disposiciones para uso común y repetido, con el objeto de alcanzar un grado óptimo de orden en un contexto dado.

Nota 14. En particular, la actividad consiste en el proceso de formular, publicar e implementar normas.

Nota 15. Los beneficios importantes de la normalización son el mejoramiento de la conformidad de los productos, procesos y servicios para los propósitos a que están destinados, para prevenir las barreras al comercio y facilitar la cooperación tecnológica.

Metrología. Ciencia de las mediciones.

Nota 16. La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con las mediciones, cualquiera que sea su incertidumbre y en cualquier campo de la ciencia y la tecnología que ocurra.

Medición. Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

Nota 17. Las operaciones pueden ser realizadas automáticamente.

Metrología legal. Se ocupa de todos los controles metrológicos que el estado debe realizar, resguardándose en las leyes que para tal efecto se dictaminen, con la finalidad de proteger a los consumidores.

Metrología industrial. Se ocupa del aseguramiento metrológico en las empresas con la finalidad de asegurar los datos de los equipos de medida y control, basándose en normas que para tal efecto se desarrollan nacional e internacionalmente.

Metrología científica. Se ocupa de la investigación científica para la mejora de los procedimientos y patrones de medición, además de tener como uno de sus fines salvaguardar la integridad de los patrones nacionales.

Consenso. Acuerdo general, caracterizado por la ausencia de oposición firme a temas substanciales por cualquier parte importante de los intereses involucrados, y por un proceso que involucra la intención de tomar en cuenta los puntos de vista de todas las partes involucradas y reconciliar cualquier conflicto de argumentos.

Reglamento técnico. Documento en el que se establecen las características de los bienes o sus procesos y métodos de producción conexos, o las características de los servicios o sus métodos de operación conexos, incluidas las disposiciones administrativas aplicables, y cuya observancia es obligatoria. También puede incluir requisitos en materia de terminología, símbolos, embalaje o etiquetado aplicables a un bien, servicio, proceso o método de producción u operación conexo, o tratar exclusivamente de ellos.

Acreditación. Procedimiento por el cual un organismo autorizado otorga reconocimiento formal a u organismo o persona competente para efectuar un trabajo.

Certificación. Procedimiento por el cual una tercera parte asegura por escrito que un producto, proceso o servicio está conforme con los requisitos especificados.

Procedimiento de evaluación de la conformidad. Todo procedimiento utilizado, directa o indirectamente, para determinar que se cumplen las prescripciones pertinentes de los reglamentos técnicos o normas.

Nota 18. Los procedimientos de evaluación de la conformidad comprenden entre otros, los de muestreo, prueba e inspección; evaluación, verificación y garantía de la conformidad (declaración del suministrador, certificación); registro, acreditación y aprobación, separadamente o en combinaciones.»

4. COGUANOR NGO 49 016: Productos envasados.

Verificación del volumen neto y variaciones permitidas para el mismo.

A continuación se presentará textualmente las partes de la Norma NOGo 49 016 que se ven directamente involucradas y ayudarán a el desarrollo del ejemplo en la industria de líquidos.

a. Objetivo, COGUANOR (1962)

«Esta norma tiene por objetivo establecer el método para verificar el volumen de los productos envasados, en cuyos rótulos o etiquetas se declare éste en unidades de volumen; asimismo establece las variaciones permitidas para los volúmenes nominales declarados y los criterios necesarios para decidir si el lote cumple o no con dichos requisitos.»

b. Campo de Aplicación, COGUANOR (1962)

«Esta norma es aplicable a cualquier clase de producto envasado cuyo rótulo o etiqueta declare el contenido en unidades de volumen.»

c. Terminología, COGUANOR (1962)

«Lote de fabricación: es una cantidad específica de producto envasado que ha sido fabricado bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes y que se identifica por un mismo código o clave de producción.»

Muestra: Es un grupo de unidades extraído de un lote de fabricación, que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de ese lote, lo cual servirá de base para tomar una decisión sobre dicho lote.

Volumen neto: es la cantidad de líquido contenido en un envase específico, determinada gravimétricamente o volumétricamente y expresada en unidades de volumen.

Masa bruta: Es la masa del envase incluyendo el contenido, el material del envase y el rótulo o etiqueta.

Masa neta: es la masa del producto envasado que queda después de que se ha deducido la tara del envase.

Error del envase: Es la diferencia entre el contenido neto real de un envase individual y el contenido neto declarado en el rótulo o etiqueta de dicho envase; el error se designa como negativo (-) cuando el volumen neto es menor que lo declarado o positivo (+) cuando es mayor que lo declarado.

Error promedio: Es la suma de los errores individuales de los envases, considerando su signo matemático, dividida entre el número de envases comprendidos en la muestra.

Tara: Es la diferencia entre la masa bruta y la masa del volumen del producto mismo.

Muestra inicial para la tara: son los primeros envases seleccionados para la muestra, los cuales son abiertos para determinar la tara de cada envase; dependiendo de la variabilidad de la tara de estos envases individuales comparada con la variabilidad de los contenidos netos, la muestra inicial para la tara puede ser suficiente o bien puede ser necesario un mayor número de envases para determinar la tara promedio.

Tara promedio: es la suma de las taras individuales de los envases dividida entre el número de envases pesados.

Variación máxima permitida (VMP) (Tolerancia): es la diferencia en el volumen del contenido neto de un envase individual, con respecto a lo declarado, más allá de la cual dicha diferencia pasa a ser considerada como un faltante excesivo. El número de envases permitido con deficiencias mayores a la VMP (tolerancia de la tolerancia) es controlado por el procedimiento descrito en la presente norma.

Faltante excesivo: es cualquier cantidad de volumen mayor que la VMP correspondiente.»

d. Aparatos, COGUANOR (1962)

«Balanzas, debidamente calibradas y de la clase que indica el cuadro 1, dependiendo del volumen neto declarado de los envases que componen la muestra.

Cuadro 1. Relación del volumen declarado con respecto a la clase de balanza que se de emplear

<i>Volumen declarado en el envase</i>	<i>Unidad de medida</i>	<i>Clase de balanza</i>
Hasta 3 cm ³	0.01 g	Analítica
Mayor de 3 cm ³ a 125 cm ³	0.1 g	
Mayor de 125 cm ³ a 500 cm ³	1.0 g	De laboratorio con escala de brazos iguales o equivalentes
Mayor de 500 cm ³ a 2 L	2.0 g	
Mayor de 2 L a 5 L	5.0 g	
Mayor de 5 L a 7 L	10.0 g	
Mayor de 7 L a 15 L	15.0 g	
Mayor de 15 L a 35 L	25.0 g	Balanza comercial
Mayor de 35 L a 70 L	50.0 g	
Mayor de 70 L	100.0 g	Balanza comercial

Quando la inspección se lleve a cabo en la línea de producción de la fábrica del producto, se deberá muestrear cada lote de fabricación. El tiempo mínimo de muestreo deberá ser de 60 min. de producción.

Cuadro 2. Planes de muestreo

<i>Tamaño del lote (número de envases en el lote)</i>	<i>Tamaño de la muestra (número de envases en la muestra)</i>	<i>Muestra inicial para la tara (número de envases elegidos inicialmente para determinar la tara)</i>	<i>Número de envases que se permite tengan un faltante excesivo (error negativo que excede el VMP)</i>
30 ó menos	Todos	2	0
31 a 800	30	2	1
801 a 2000	50	5	2
2001 a 5000	80	5	3
5001 a 15000	125	5	5
Mayor de 15000	200	10	7

Cuadro 3. Variaciones máximas dimensionales permitidas (VMP) para cada envase individual (1), (2)

Volumen declarado en el rótulo, en centímetros cúbicos (3)	VMP, en centímetros cúbicos (1), (3)	Volumen declarado en el rótulo, en litros (4)	VMP, en centímetros cúbicos (1), (3)
Hasta 3	0.5	Mayor de 1.153 a 1.627	37
Mayor de 3 a 8	1.0	Mayor de 1.627 a 2.041	44
Mayor de 8 a 15	1.5	Mayor de 2.041 a 2.514	52
Mayor de 15 a 22	2.0	Mayor de 2.514 a 3.046	59
Mayor de 22 a 67	4.0	Mayor de 3.046 a 4.732	74
Mayor de 67 a 126	5.5	Mayor de 4.732 a 5.489	89
Mayor de 126 a 170	7.5	Mayor de 5.489 a 7.098	104
Mayor de 170 a 222	9	Mayor de 7.098 a 8.044	118
Mayor de 222 a 347	11	Mayor de 8.044 a 10.173	133
Mayor de 347 a 503	15	Mayor de 10.173 a 11.593	148
Mayor de 503 a 621	18.5	Mayor de 11.593 a 16.561	177
Mayor de 621 a 798	22	Mayor de 16.561 a 18.927	207
Mayor de 798 a 917	26	Mayor de 18.927 a 23.659	237
Mayor de 917 a 1153	30	Mayor de 23.659 a 26.734	266
		Mayor de 26.734	1% del volumen declarado

- (1) La VMP se aplica solamente a los errores negativos de los envases, es decir a los envases con faltante.
- (2) En los casos en que las tolerancias establecidas en el cuadro 3 de la presente norma, sean diferentes a las tolerancias indicadas para el volumen en las normas de especificaciones correspondientes de los diferentes productos, para fines legales se considerarán como válidas las establecidas en el cuadro 3 de la presente norma.
- (3) El rótulo o etiqueta podrá emplear el símbolo "cm³" o bien, el símbolo "ml 2 o "ml".
- (4) El rótulo o etiqueta podrá emplear el símbolo "L" o bien, el símbolo "l".

Cuadro 4. Diferencia máxima permitida en masa de dos cantidades iguales, de acuerdo al tipo de balanza usada en las pesadas

<i>Tipo de Balanza</i>	<i>Gramos</i>
Analítica u otra balanza de alta exactitud	0.05
Balanza de brazos iguales, de pequeña capacidad (de más de 200 g hasta 1000 g) o equivalente.	1.0
Balanza de brazos iguales, de gran capacidad, (de más de 1000 g hasta 5000 g) o equivalente	2.0
Balanza comercial de más de 5 kg hasta 14 kg de capacidad	5.0
Balanza comercial, mayor de 1 kg de capacidad hasta 45 kg	9.0

e. Expresión de los resultados, COGUANOR (1962)

«Los resultados se expresan como lote aceptado o lote rechazado según sea el caso.»

f. Correspondencia, COGUANOR (1962)

«Para la elaboración de la presente norma se tomó en cuenta el documento: "MBS Handbook 133, Second Edition, U.S. Department of Commerce/National Bureau of Standards, Checking the Net Contents of Packaged Goods, October, 1984".»

E. El Factor humano en el Control Estadística de la Calidad,

Loizelier (1954; 197)

«1. Concepto integral de la organización científica del trabajo

El Control Estadístico de Calidad permite organizar científicamente ciertos aspectos del proceso productivo y constituye una verdadera técnica perteneciente a la llamada "racionalización" del trabajo que, sin embargo, será escasamente racional si no tiene en cuenta el factor humano en todas su complejas dimensiones.

Por tanto, no debe olvidarse que el éxito del Control Estadístico de Calidad, como el de cualquier otro procedimiento de organización científica del trabajo, depende en buena parte del factor humano, es decir, de que sea comprendido y aceptado por los trabajadores más directamente afectados.

2. Consideración individual del trabajador

El hecho decisivo en la industria moderna no es —como suele creerse— la tendencia hacia el "hombre autómeta", sino la necesidad, cada vez mayor, de "hombres persona" con su voluntad puesta al servicio de la tarea común, es decir, de activos colaboradores.

Considérese la situación en una fábrica al implantar cualquier organización científica del trabajo, llámese trabajo a prima, control estadístico de calidad, etc. Sería equivocado creer con la mera implantación de los gráficos de control a pie de máquina y con la existencia de un gabinete de estudios estadístico, ya se han cumplido los requisitos para una efectiva implantación del Control Estadístico de Calidad, aunque sólo sea de esta manera elemental. Si al propio tiempo no se tienen en cuenta las reacciones de los inspectores, de los obreros y no digamos de los Jefes de Talleres o Contra maestres afectados por el nuevo sistema, lo más probable es que se cosechen ruidosos fracasos. Es preciso conseguir que el Control Estadístico de Calidad sea aceptado, en primer lugar, por los Jefes de Talleres e Inspectores. Y la forma de su implantación en los distintos talleres no debe dar pie, en ningún momento, a que el obrero crea ver en el nuevo sistema algo que le perjudica o, simplemente, algo que debe tomarse a broma.

3. Consideración de la colectiva laboral

Un mando más inteligente de las modernas colectividades laborales implica que no basta considerar individualmente al obrero, ya que el trabajo no es tanto un acto individual como una conducta social. No puede valorarse el factor humano, ni puede penetrarse en el significado y valor de

la conducta de un hombre en toda su complejidad, sin tener en cuenta todo el grupo de convivencia.

Sin llegar a las últimas consecuencias –más políticas que laborales- que se deducen de una visión tan amplia del trabajo humano, cabe afirmar que para captar la voluntad del trabajador es necesario no solamente la acción individual, sino también una acción colectiva en el sentido de condicionar el ambiente, en el que forzosamente se encuentra la mayor parte del día. Hay que guiar no solamente al individuo, sino también al taller como tal.

4. Necesidad de un mando más inteligente de los hombres

Estos delicados mecanismo consistentes en conseguir la participación activa de los trabajadores, en hacer que aporten no solamente su esfuerzo físico, sino también su ilusión a la tarea común, no se logran fácilmente. Como se ha señalado recientemente, la clave consiste en educar con mucha paciencia tanto a los obreros como a los mandos superiores e intermedios, sobre todo estos últimos. No puede separarse la implantación de procedimientos avanzados como es el Control Estadístico de Calidad, de un mando más inteligente de los hombres que supone, en definitiva, tener una cierta fe en sus posibilidades, condicionar el ambiente en que se mueven y abandonar un insuficiente paternalismo, pero sin dejar de sentirse educador en el sentido más amplio que tiene esta palabra.

5. Selección y formación del personal inspector para el Control Estadístico de Calidad

Si se concede la debida importancia al factor humano al implantar el Control Estadístico de Calidad en una fábrica, no cabe duda que el primer problema reside en seleccionar y capacitar al personal que ha de aplicar estos nuevos procedimientos de inspección. Al fin y al cabo, son los hombres los que han de hacer triunfar o fracasar tales innovaciones que siempre tropiezan con más o menos resistencia pasiva inicial.

6. Selección Psicotécnica

Se puede emplear un modo sistemático de "test" psicotécnicos para seleccionar al personal que ha de desempeñar funciones de inspección, lo cual permite, desde luego, eliminar todos aquellos individuos que carecen de las aptitudes mínimas necesarias. Las pruebas psicotécnicas son, en esta clase de personal, decisivas, puesto que por la índole del trabajo al que se designa, resulta imposible efectuar pruebas de índole profesional, como pueden ser las de un tornero o fresador que dan la posibilidad de una calificación, si bien, como es sabido, no miden muchas veces las aptitudes innatas que son el objeto directo de los "test" psicotécnicos.

El análisis del trabajo propio de los inspectores ha permitido fijar las características fisiológicas, matrices y psicológicas que se exponen en el siguiente cuadro:

a. *Condiciones requeridas para el inspector*

1) **Características Fisiológicas**

<i>Análisis del trabajo</i>	<i>Aptitudes</i>
Debe manejar instrumentos de medida para los cuales ha de emplear ambas manos.	Mano derecha e izquierda normales, y normal movimiento de todos los dedos.
El sudor de las manos puede atacar, oxidar, las piezas.	Funciones de eliminación normales principalmente por las ausencias de sudor
Debe ver pequeños defectos.	Agudeza visual superior
Debe apreciar distintos planos en pequeñas dimensiones, apreciación de señales o marcas.	Visión estereoscopia muy superior en pequeñas dimensiones o cercana.
Ha de percibir diferencias de matices de tonos de color acabados, colores distintivos en cubiertas de hilos, etc.	Sentido cromático normal, apreciando matices de un mismo tono.
Tiene que observar distintos elementos de los equipos de prueba, medianamente distantes.	Campo visual con cierta amplitud.
Percibir las señales acústicas.	Agudeza auditiva normal.
Ha de apreciar asperezas o defectos en piezas pequeñas, o superficies grandes, así como diferencias de espesor por medio del tacto.	Sensibilidad táctil muy marcada en todas sus manifestaciones.

2) **Características motrices**

Ha de apreciar, con ayuda de instrumentos o herramientas, si un resorte tiene una determinada tensión.	Precisión y sensibilidad de esfuerzos normales.
Ha de realizar pruebas repetidas frecuentemente en un gran número de aparatos o piezas.	Automatización de movimientos normales.
Ha de manejar ambas manos simultáneamente, con movimiento distintos.	Coordinación dinámica normal.

3) Características psicológicas

Su trato directo con los obreros exige cierta superioridad intelectual sobre éstos que consolide su prestigio	Inteligencia ligeramente superior al nivel medio.
Ha de apreciar defectos interiores por sus manifestaciones externas.	Inteligencia técnica y asociativa normal.
Tendrá que recordar formas de piezas que se repiten.	Normal memoria visual de formas.
Habrá de percibir pequeñas anomalías en piezas, acabados, formas, características, etc.	Gran atención perceptiva.
Ha de sostener su atención sobre el trabajo de una manera constante.	Atención concentrada y sostenida superior.
Habrá de apreciar a simple vista diferencia de magnitud.	Gran percepción visual de espacios.
Tiene que distinguir de superficies, espesores, etc., por el tacto estado	Gran percepción táctil.

4) Características de personalidad

Su trabajo exige cierto aislamiento con respecto a los operarios y plena concentración en su labor.	Carácter reservado, serio, sereno y concentrado.
Ha de tratar con numerosos operarios y jefes y mantener frente a ellos un criterio firme para no dejarse arrastrar por intereses ajenos. No obstante, cooperará en beneficio del trabajo común.	Carácter desconfiado y proactivo. Poco gestionable y espíritu de cooperación.
Ha de atender a diversos trabajos simultáneamente y adoptar decisiones en breve tiempo con alto sentido de responsabilidad.	Temperamento activo, seguro y con gran sentido de responsabilidad.
Debe tomar decisiones objetivas con absoluta independencia de miras personales.	Alto sentido de veracidad, honradez e imparcialidad en sus opiniones.

Las anteriores características han permitido trazar el profesiograma correspondiente en el que se reflejan las aptitudes mínimas que debe reunir el personal asignado a los puestos de inspección. Se utilizó el modelo oficial establecido por el Instituto Nacional de Psicotecnia de Estados Unidos, se ha obtenido el llamado perfil profesiográfico.»

III. Justificación

En Guatemala, debido a la apertura de mercados y al aumento en la competencia, la industria se ve en la obligación y necesidad de que todos sus productos lleguen al consumidor con alta calidad. La calidad se puede definir como "la satisfacción del cliente" y parte importante de esta "satisfacción" es el cumplir con lo indicado en el empaque del producto, incluyendo el "peso".

Uno de los factores claves en el desarrollo de la base industrial de un país que tenga el deseo de competir en una economía global, es la integración de diseño de experimentos y control estadístico de sus prácticas diarias. En la actualidad mucho del control en las línea de producción por parte de la Ingeniería Industrial se realiza de manera empírica, por lo que al aplicar técnicas estadísticas de control de procesos se puede aumentar su eficiencia y reforzar los resultados obtenidos. Ahora, si unimos los esfuerzos de algunos Ingenieros Industriales por aplicar estadísticas de control y la tecnología en paquetes estadísticos, podemos obtener una alta eficiencia, con resultados visibles y amigables para el operador, fáciles de analizar y reportar. Estas herramientas permiten que la Estrategia de Control de Procesos Estadísticos logre cumplir con su enfoque y que en especial la sigma de Pesos sea una base con criterios de éxito bien definidos, que permita sustentar y asegurar que el producto es legal.

Mediante las especificaciones legales, el gobierno de Guatemala también busca la satisfacción del cliente, e impone normas y leyes que deben ser cumplidas y acatadas, tanto por productores nacionales como internacionales, éstas están enfocadas hacia el cumplimiento de lo que el productor ofrece y cobra por su producto.

IV. Objetivos

A. Generales:

Elaborar un manual para la aplicación de Quality Windows en la Estrategia de Control de Procesos Estadísticos por medio de la utilización de Sigma de Pesos y en base a lo especificado por la Comisión Guatemalteca de Normas.

B. Específicos:

Desarrollar una guía sencilla para el uso e interpretación de Quality Windows, enfocada al Control de Procesos Estadísticos.

Establecer procedimientos para el manejo del Control de Calidad en las líneas de producción.

Desarrollar un sistema para verificar el cumplimiento del producto con la ley de Pesos Guatemalteca.

V. Metodología

Se tomarán los criterios estadísticos que se vean más relacionados con el Control de Pesos en la Estrategia de Control Estadístico de Procesos y se realizará una introducción a la estadística básica. Luego se procederá a dar el concepto y raíz de la Estrategia de Control de Procesos según varios autores, para después enfocarlo al Control de Pesos según COGUANOR y ampliar el tema. También se responderá a ¿Qué es Quality Windows? para tener una idea clara de cual es el objetivo y finalidad del paquete. Se citará textualmente la Ley de pesos de Guatemala, en la parte de muestreo.

Posteriormente en la parte práctica se creará el modelo de una industria que fabrique productos líquidos para hacer todo el estudio y aplicación de las herramientas citadas. Se desarrollará la base de datos para analizar su tendencia durante el muestreo, el informe diario y mensual donde aplica el paquete y la estrategia para que se evalúen los resultados de la aplicación con la misma frecuencia, en base a las herramientas que ofrece el paquete y los estudios realizados en estadística. Para terminar se realizará una discusión de los resultados con un enfoque práctico y sintetizado aplicable a todos los niveles.

VI. Ejemplo en la industria de líquidos

A. Delimitación del problema

Se trabajará en una industria que se dedica a la producción de lo que comercialmente se le conoce como Cloro para uso doméstico (concentración alrededor del 3%). La densidad del producto se ha calculado que es 1.11 gr/cm^3 . Tendremos una línea de producción de 6 máquinas independientes que tienen un volumen de trabajo de 35 populinos por minuto. En total tenemos 3 líneas de producción.

B. Aplicación de la Ley Nacional de Pesos:

Lote de Fabricación: Definiremos como lote de fabricación un turno o jornada de trabajo, que consistirá en 12 horas.

Muestra: Estamos produciendo alrededor de 2100 populinos por turno en cada máquina, así que nos corresponde según el cuadro 2, que el tamaño de la muestra sea de 80 populinos distribuidos durante todo el turno, por lo cual podemos decir que necesitamos muestrear 7 populinos cada hora.

Volumen neto: 210 mL

Masa bruta: 236.2 grs.

Masa Neta: 233.2 grs.

Tara: 3 grs.

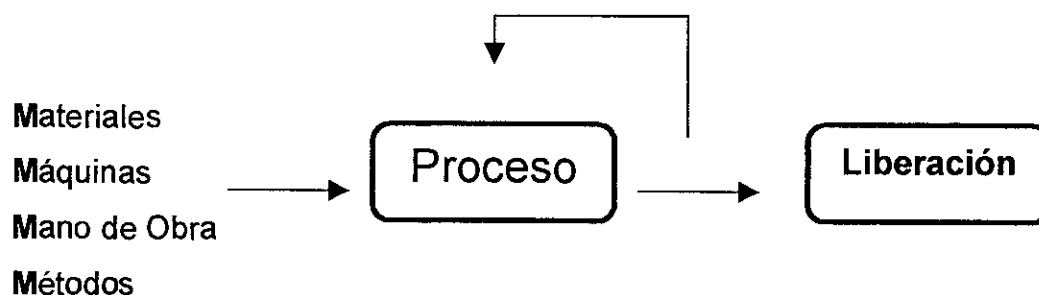
Según el cuadro 1 se utilizará una balanza de laboratorio con escala de brazos iguales o equivalentes.

Variación máxima permitida (VMP): según el cuadro 3 es de 9 cm^3 .

C. Precontrol

El Precontrol es un simple algoritmo para controlar un proceso en base a las tolerancias. Se da por supuesto que el proceso está produciendo un artículo con una característica de calidad mensurable y ajustable, que varía de acuerdo con alguna distribución pero no se hace ninguna precisión respecto a la forma y estabilidad reales de la distribución.

El Precontrol es efectivo para algunos procesos en los que el operario puede medir una característica de la calidad de su interés (dimensión, color, resistencia, peso, etc.) y puede ajustar el proceso para cambiar esta característica.



Gráfica 1. Diagrama de Precontrol

E. Definición de los Límites de Control

Para definir los límites de control necesitamos:

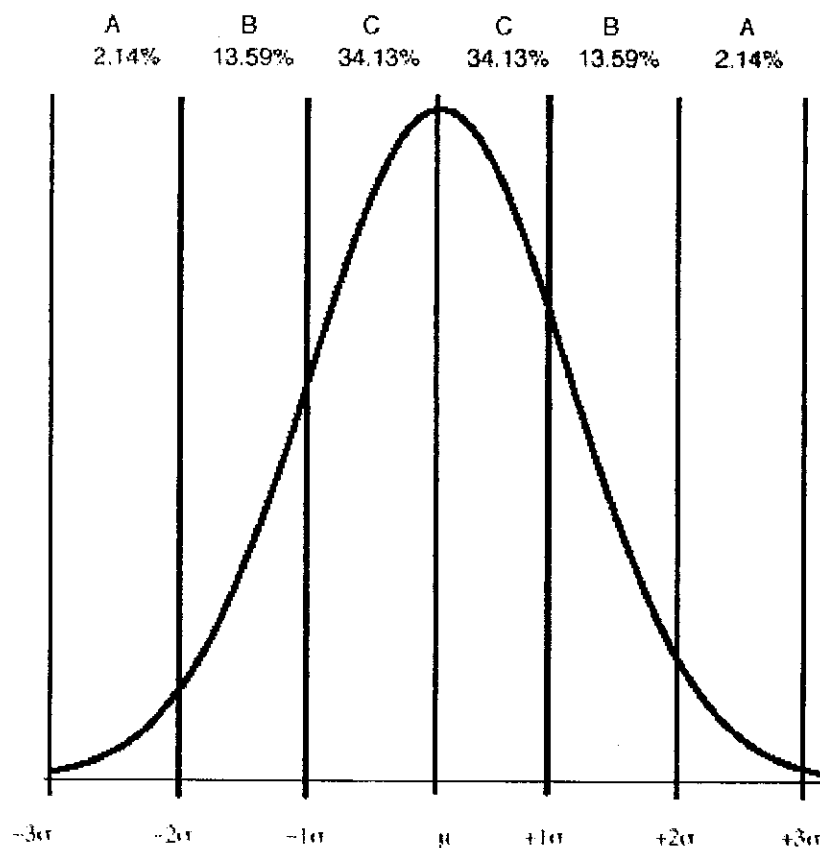
Una historia amplia del proceso para definir el nivel de las causas comunes de variación.

Un fundamento para determinar qué tan amplios se deben colocar los límites de control.

Se realizó una corrida para ver la capacidad del proceso y así poder encontrar la desviación estándar. Para nuestro estudio se encontró que fue de 1.5. Los límites de control se establecerán según la estrategia de 6σ 's.

E. Reglas para determinar el Control Estadístico

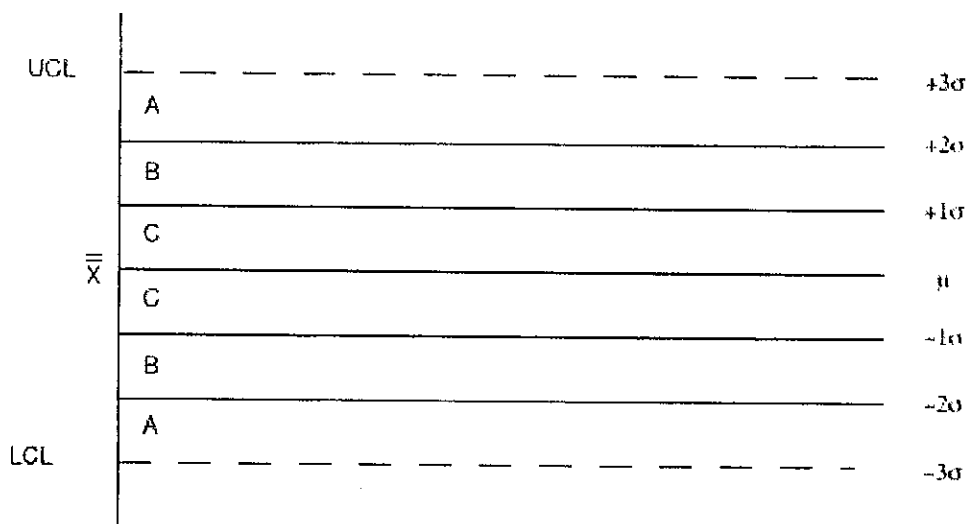
Si el proceso es estable, entonces la distribución de los promedios de un subgrupo va a ser aproximadamente normal. Con el resultado en mente, podemos analizar el diseño en las gráficas de control para ver si puede ser atribuido a una causa de variación especial. Para hacerlo, dividimos la distribución normal en zonas, donde cada zona es de una desviación estándar de ancho. La figura muestra los porcentajes aproximados de expectativa para encontrar en cada zona de un proceso estable.



Gráfica 2. Percentiles para una distribución normal.

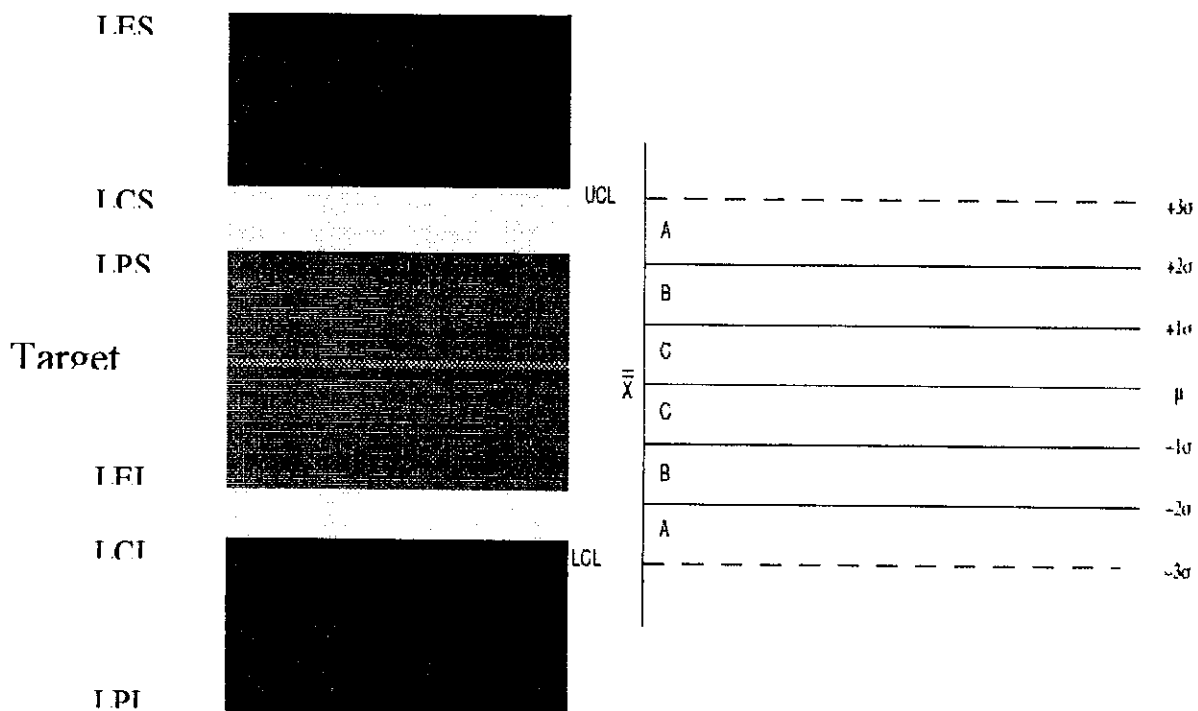
La zona C es el área de la media hasta la media más o menos una sigma. La zona B es desde más o menos una sigma hasta más o menos dos sigmas y la zona A es desde más o menos dos sigmas hasta más o menos tres sigmas. Por supuesto, cualquier punto fuera de tres sigmas (i.e., es decir los límites de control) es una indicación de un proceso fuera de control.

Los límites de control son de más o menos tres desviaciones estándares, para encontrar las líneas de una o dos sigmas en una gráfica de control se divide la distancia entre el promedio y cualquiera de los dos límites de control en tres, dicho proceso se puede hacer usando una regla. Esto divide cada mitad del gráfico de control en tres zonas. Estas zonas son etiquetadas como A, B y C como se muestra en la siguiente figura.

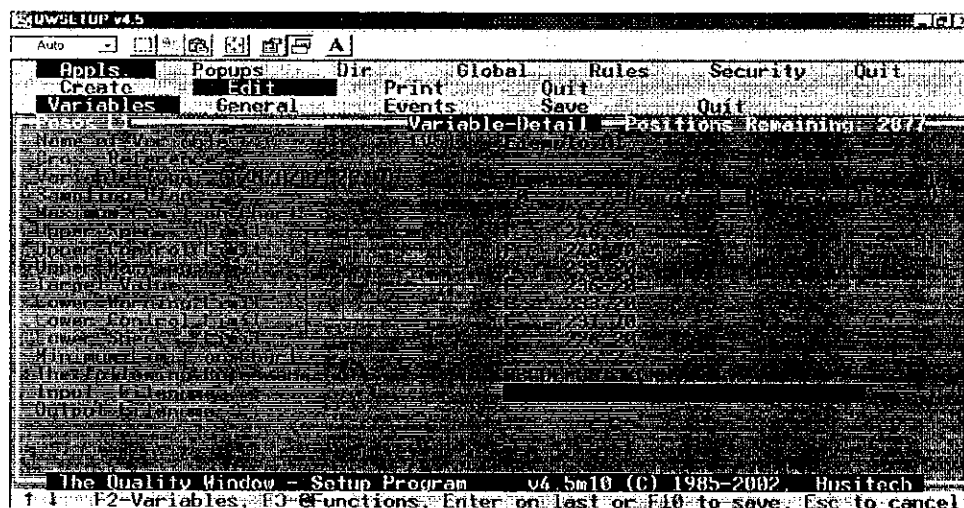


Gráfica 3. Relación zonas de zontrol y 3σ .

La relación entre el gráfico de 6σ y la gráfica de QW se estableció de manera histórica y coinciden con los Límites de Control.

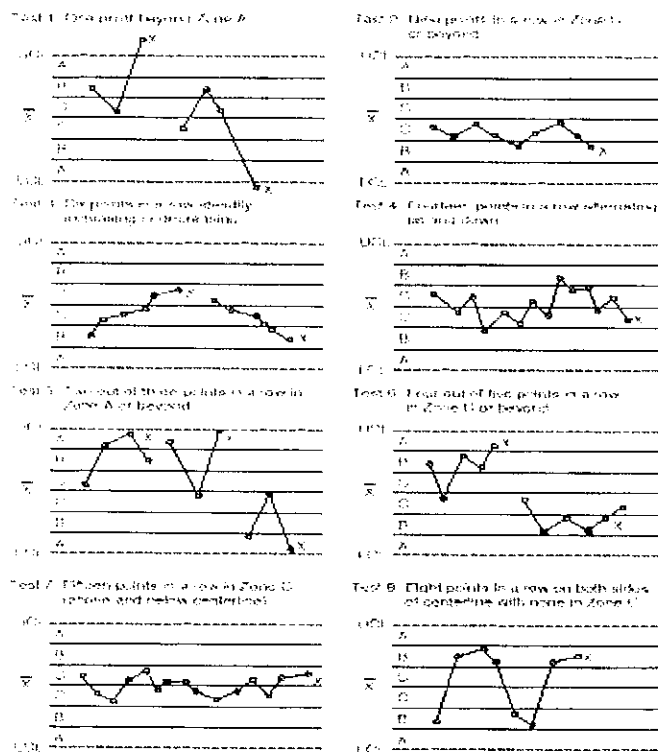


Gráfica 4. Relación gráfica de QW y límites de Control.



Gráfica 5. Pantalla de reglas de QW

Basados en los porcentajes esperados en cada zona y ahora cada área, se desarrollaron reglas para el análisis del diseño en la variación de las zonas. Recordemos que la existencia de un diseño no esperado significa que una causa especial puede estar presente.



Gráfica 6. Reglas para determinar los patrones en una gráfica de control.

VII. Análisis y discusión de los resultados

La inspección de sus propios productos, practicada por un fabricante, tiene dos finalidades:

- A) Proporcionar una base para tomar decisiones en el proceso de producción de los lotes en curso (decidir cuándo se debe aceptar, rechazar o reparar, etc.).
- B) Proporcionar una base para tomar acciones en el proceso de producción, para el futuro producto. Decidir cuándo debe continuar el proceso tal y como se encuentra planteado, o bien la acción que es necesaria para eliminar las causas de perturbación.

La finalidad A) se realiza satisfactoriamente con el procedimiento de inspección final, mientras que la finalidad B) únicamente se consigue, con mucha frecuencia, después de haber producido un gran número de unidades defectuosas.

Las muestras tomadas a intervalos regulares, cuando se utiliza el Control Estadístico de la Calidad no se consideran individualmente sino como partes de una serie. El criterio para decidir una acción en el proceso de producción lo proporcionan los límites de control en los gráficos de control de Shewhart, que se utilizan para mostrar el fallo cuando aparece algún error en el citado proceso.

Los límites de control pueden comprobarse rápida y fácilmente con los datos anotados durante la inspección. Cuando existen dificultades para fijar el criterio que se aplicará, se elimina una por una las causas de perturbación y se tiende a la estabilización de la calidad del producto. Como consecuencia se puede lograr la finalidad B) antes de fabricar un gran número de unidades defectuosas.

Además, al emplear el control estadístico se consigue la finalidad A), generalmente, con un trabajo menor de inspección en relación al método de inspección final. En resumen, se consiguen las ventajas siguientes si se utiliza el control estadístico de la calidad:

Reducción de rechazos (desperdicios), determinación de las perturbaciones antes de que se produzca un gran número de rechazos, bases lógicas para el establecimiento o modificación de las condiciones especificadas.

La calidad de un producto se mide con la comprobación de ciertas características de calidad en cada muestra o lote. La comprobación puede hacerse por medio del gráfico de control necesario.

A. Interpretación de las reglas

Las reglas, desarrolladas por Western Electric, con algunas mejoras hechas por Nelson, aplican pruebas estadísticas para determinar si hay algún diseño o tendencia en los puntos graficados. Algunos de estos diseños son debidos al turno de proceso, mientras otros corresponden a errores de muestreo e inconsistencia.

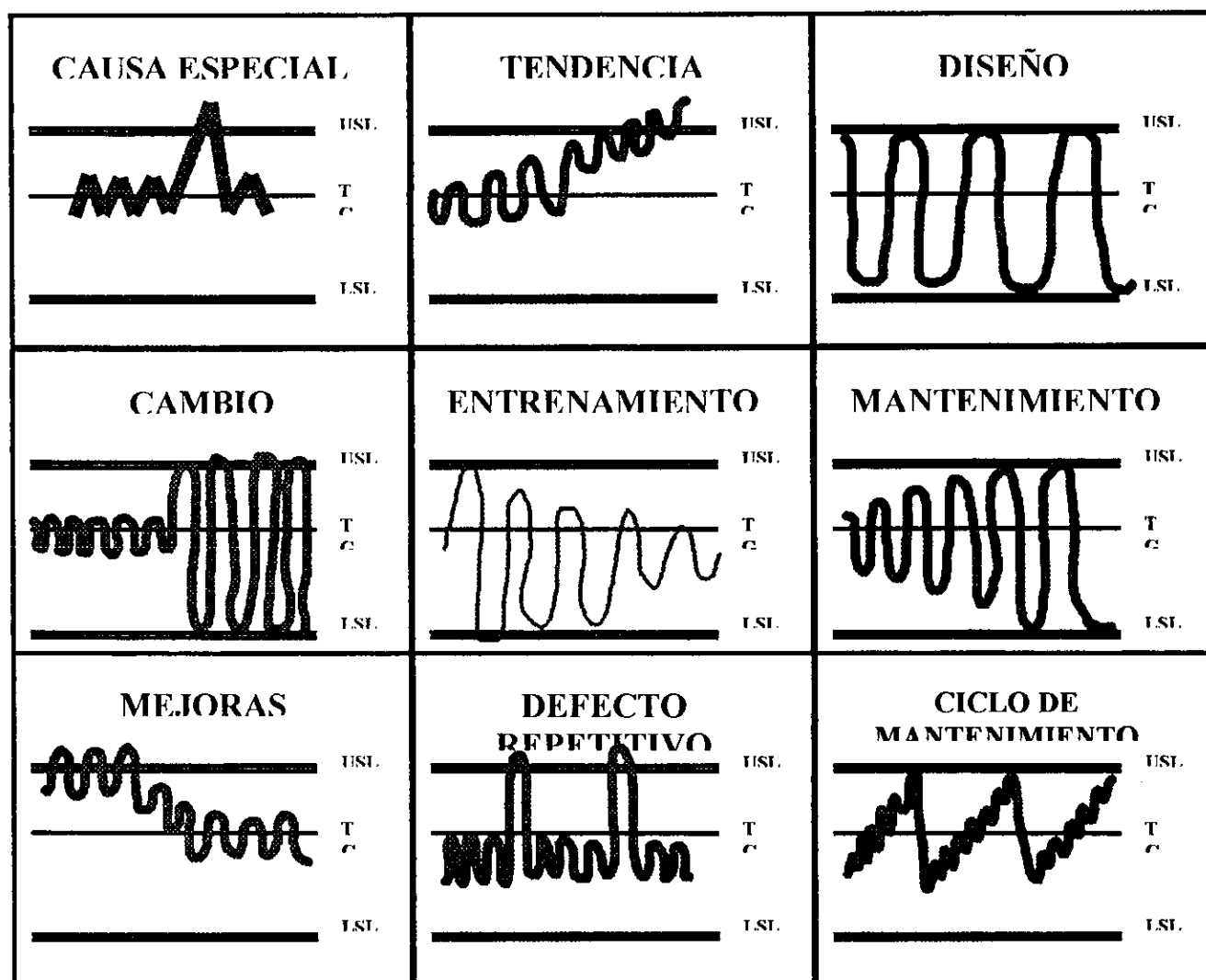
Las bases estadísticas de estas reglas son simples. Si los subgrupos provienen de la distribución establecida, e independiente una de otra, entonces no habrá ningún diseño en los puntos. Lo mismo ocurre, si un punto está fuera de control o no depende exclusivamente del límite de control, o si no responde a una regla. Las reglas hacen, como sea, incrementar el poder de la gráfica de control, pero también aumentan la posibilidad de un falsa alarma.

Hay que tener en mente que, cuando una regla ha sido violada no siempre indica cuándo ocurre un cambio en el proceso. Por ejemplo, cuando la regla 2 es violada, el cambio pudo haber ocurrido 9 puntos (más o menos) antes del punto que violó la regla.

Nelson (1984, 1985) hizo los siguientes comentarios de la interpretación de las reglas:

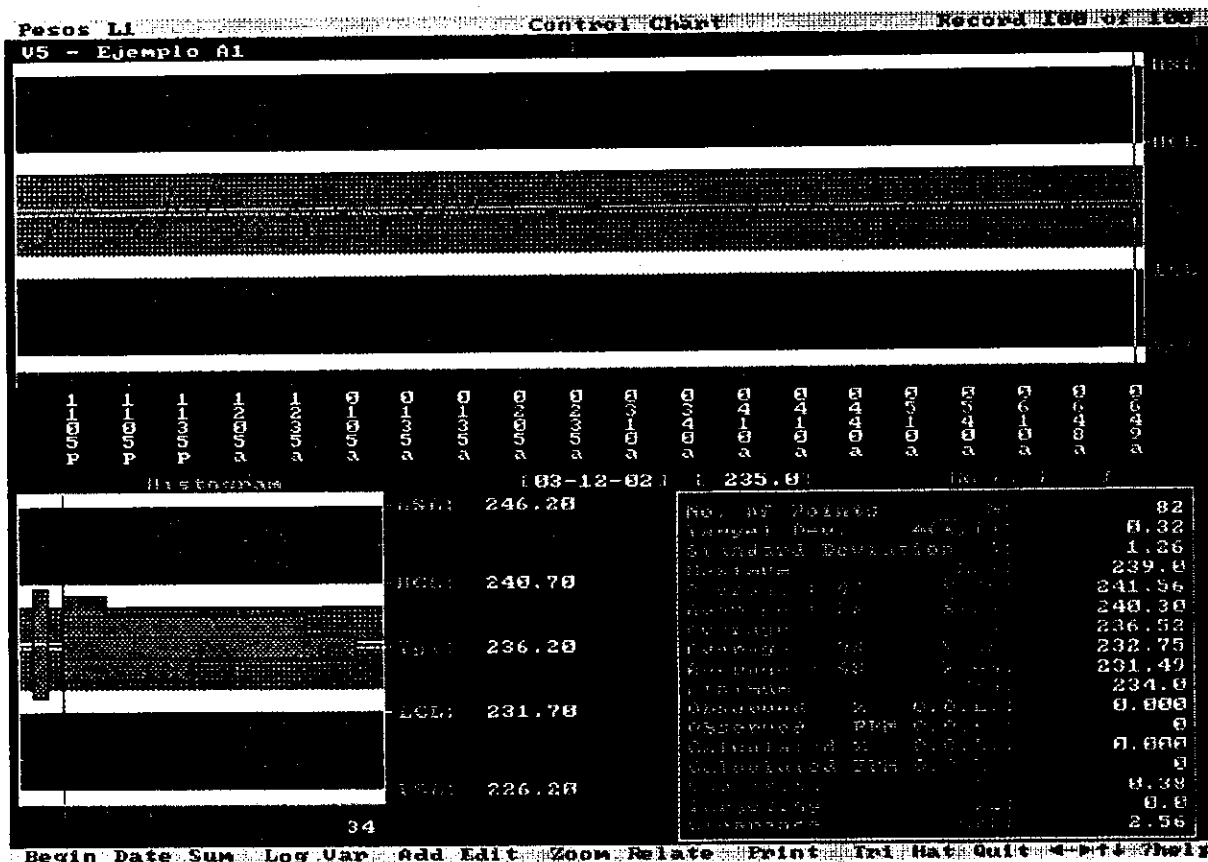
- Cuando un proceso está en control estadístico, la oportunidad de una señal falsa para cada regla es menos de 5 en mil.
- La regla 1 es positiva si hay un cambio en el promedio del proceso, si hay un incremento en la desviación estándar del proceso, o si hay una aberración simple en el proceso como un error en cálculo, error en medición, mala materia prima, un paro en el equipo y un defecto en el equipo.
- La regla 2 indica un cambio en el promedio del proceso. El uso de 9 puntos (mayor que 7 en Grant y Leavenworth, 1988) para el diseño que ha sido definido en la regla 2, hace que la posibilidad de una señal falsa sea comparable a la de la regla 1.
- La regla 3 es significativa para la media, Nelson (1985), establece que las causas que pueden afectar son: herramienta, agotamiento de los baños químicos, deterioro debido a la falta de mantenimiento y mejoras en las habilidades.
- La regla 4 indica que la variación puede provenir de "un efecto sistemático como el producido por dos máquinas u operadores".
- Las reglas 1, 2, 3 y 4 pueden ser aplicadas rutinariamente. La posibilidad de una señal falsa de una o más reglas es menor a una en mil. Nelson (1985), describe estas reglas como " un buen grupo que reacciona a las causas especiales que ocurren".
- En el caso de las gráficas, las primeras 4 reglas deben ser argumentadas con las reglas 5 y 6 cuando se desea una advertencia temprana. La posibilidad de una señal falsa se incrementa a 2 en 100.
- Las reglas 7 y 8 indican estratificación (observaciones en un subgrupo tienen múltiples fuentes con medias diferentes). La regla 7 es positiva cuando las observaciones en un subgrupo son siempre de múltiples fuentes. La regla 8 es positiva cuando los subgrupos son tomados de una misma fuente al mismo tiempo.

Nelson (1985) también comenta que "las probabilidades citadas de obtener una señal falsa pueden no ser consideradas si se desea ser muy exacto". El hecho de que la probabilidad está basada en el supuesto de ser normal e independiente hace que no sea satisfactoria. Consecuentemente, él recomienda que las reglas "deben ser vistas como una práctica simple para acciones y no como probabilidades específicas de asociación con ellas". Nelson advierte que "es posible, pero improbable que un proceso pueda estar fuera de control y no mostrar ninguna señal de estas reglas".



Gráfica 7. Interpretaciones a tendencias en gráficas de control.

B. Análisis de resultados después del muestreo



Gráfica 8. Pantalla de pesos QW, muestreo.

Gráfica de control: Esta es nuestra primera ayuda para observar el proceso y plantear un plan de acción inmediato sobre el proceso de producción. Además con ayuda de las reglas de control, podemos ver inmediatamente si los datos muestran alguna violación a las reglas. En este caso la parte de Rule está vacía, lo cual indica que no hay anomalías en el proceso. Podemos observar que la línea celeste que es la que nos indica el promedio de los 100 datos continúa sobre el objetivo, por lo cual estamos cumpliendo con la Ley Nacional de Pesos. Todos los datos siguen dentro del área verde por lo cual nuestro proceso parece estar dentro de control y sin tendencia a salir de él. Hay una parte alrededor de las 2 de la mañana donde se observa claramente que la máquina estuvo parada, seguramente por mantenimiento. Si el paro fue por ajuste en el sistema de pesos o por violación a alguna de las reglas debería

estar en la bitácora o reporte del personal de calidad. Después del arranque se nota que la máquina empieza con bastante variación la cual es controlada.

Histograma: Lo primero que miramos en el Histograma es donde queda el pico de la curva y si tiene una tendencia normal. Aquí podemos observar que la curva es leptocúrtica con sesgo positivo, lo cual indica que los datos están bastante concentrados en un área menor al total de la amplitud del gráfico. El sesgo positivo es uno de los indicadores de que estamos por encima de lo especificado en nuestro producto.

No. de Puntos: Debería marcar 100 puntos, pero para este caso debido al paro, el gráfico continúa y sólo tiene un total de 82 puntos.

Target. Dev. Este es un indicador entre la diferencia del promedio en relación al objetivo. Notamos que es de 0.32 ya que $236.52 - 236.20$.

Desviación estándar: Es el dato que calculamos para ver el comportamiento de los datos dentro de nuestra gráfica y saber qué tanto se están desviando en comparación con nuestro objetivo. Un número sano es abajo de 1.5.

Promedio: Éste es el número más importante que nos determinará en nuestra gráfica total turno si el lote es aprobado o rechazado. Según la Ley Nacional de Pesos debe ser mayor a 236.2, por lo que cualquier número menor a éste es inadmisibles. Si se da durante la operación, es necesario analizar el proceso y revisar tanto la máquina como el operador, las reglas y métodos de producción.

O.O.L: Esta es la abreviación de Out of limits, si alguno de los puntos cae fuera de los límites de control este número será diferente de 0.

Variación Cr: una forma gráfica de analizar el Cr es verlo como porcentaje. Para nuestro gráfico es igual a 0.38, el cual significa que todos los datos caen

dentro del 38 por ciento del área total entre los límites de especificación. Esto concuerda con que nuestra curva en el histograma sea leptocúrtica.

Target Tz: El Tz siempre debe ser mayor o igual a 0, ya que esto nos garantiza que los datos no se están separando mucho de nuestro objetivo. El Tz tiene el mismo signo que el sesgo que para este caso es positivo.

Clearance Cpk: el cual no aplica para este caso ya que únicamente es útil cuando se compara un solo límite.

VIII. Conclusiones

La contribución a largo plazo de conceptos estadísticos depende, no tanto de la intervención de estadísticos altamente especializados en la industria, como de la formación de una generación de físicos, químicos, ingenieros y otras personas con mentalidad estadística, que de alguna forma tomen parte en el desarrollo y dirección de los procesos de producción del mañana. –W. A. Shewhart y W. E. Deming

La estadística es un área de la ciencia que se ocupa de la extracción de la información contenida en datos numéricos y de su uso para hacer inferencias acerca de la población de la que se extraen los datos.

Hoy, los mercados de consumo experimentan un incremento en la demanda de una alta calidad de productos y servicios a un bajo precio. Lógicamente, si una compañía desea ser competitiva en el mercado moderno, una de sus expectativas debe ser enfocarse sobre el proceso que produzca consistentemente una alta calidad.

El Control Estadístico de Calidad es una técnica usada para reducir la variación de un proceso con el cual se trata a diario. Es importante para controlar, manejar, analizar y mejorar el desempeño de un proceso mediante la eliminación de las causas de variación como la herramienta, el operador, las medidas, la materia prima y otras.

El Control Estadístico de Calidad debe ser implementado para la satisfacción del consumidor más que como un plan estratégico para la compañía. Todos los beneficios tienden a ser realizados sólo si existe una motivación apropiada.

Compañías que han implementado el Control Estadístico de Calidad por su propia voluntad experimentan avances de mayor dimensión.

En Japón, muchas compañías han adoptado el Control Estadístico de Calidad y han tenido gran éxito, al aplicar como plan de acción para problemas relacionados con índices altos de desperdicio y reproceso, incremento en quejas de clientes, altos costos de reproceso, procesos ineficientes.

Algunas razones que dificultan la implementación del Control Estadístico de Calidad son:

- Carencia de compromiso departe de la Gerencia
- Deficiencia en el entrenamiento para el Control Estadístico de Calidad
- Ausencia de conciencia de los beneficios potenciales
- Falta de conocimiento en las medidas y cómo medir ciertos procesos
- Colocación inadecuada de sistemas de medición
- Falta de conocimiento para priorizar un proceso
- Mala interpretación de los gráficos de control
- Reacción negativa de los operadores
- Resistencia al cambio

Para poder implementar y aplicar efectivamente el Control Estadístico de Calidad en la organización, es fundamental el entender los factores esenciales que darán una aplicación exitosa. Estos factores son:

- Gerencia: total apoyo y compromiso, proporcionar los recursos y entrenamiento más un seguimiento permanente, acciones en el sistema/proceso, cuando sea necesario.
- Habilidades de Ingeniería: entender los beneficios claves de la introducción y aplicación del Control Estadístico de Procesos, sistemas de análisis medibles, priorización del proceso, entendimiento de qué características o parámetros de proceso hay que medir y como medirlos.
- Habilidades en Estadística: interpretación de los límites de control, gráficos de control, determinación de planes de acción.

- **Habilidades de trabajo en equipo:** vasto conocimiento de los beneficios del Control Estadístico de procesos, cooperación de todos los niveles de la organización.

Las reglas desarrolladas por Western Electric, con algunas mejoras hechas por Nelson, aplican pruebas estadísticas para determinar si hay algún diseño o tendencia en los puntos graficados. Algunos de estos diseños son debidos al turno de proceso, mientras otros corresponden a errores de muestreo e inconsistencia.

Según Shewhart (1931), “la calidad no se inspecciona, sino que se crea por medio de la inspección”.

Para los dueños de negocios/gerentes, QW ayuda a que sus esfuerzos tengan éxito en la medición, control y mejoría de procesos y a que puedan entregar producto de una mejor calidad y reducir costos de manufactura. Esto motiva los esfuerzos en el control de calidad dentro del piso de producción a encontrar los problemas cercanos e infundir el sentido de pertenencia del proceso y datos en el personal. Un gerente general de una compañía dijo “Nunca había visto tanto entusiasmo de los operadores por alguna herramienta de mejora... nosotros continuamos asombrados por los resultados y beneficios de su uso”.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Duncan, Acheson. 1989. *Control de Calidad y Estadística Industrial*, México, D.F. Editorial Alfaomega. 1084 págs.
- Breyfogle III, Forrest. 1999. *Implementing Six Sigma*. USA, John Wiley & Sons.
- Doty, Leonard. 1996. *Statistical Process Control*, 2^{da} Edición. USA: New York, Industrial Press Inc. 374 págs.
- Fetter, R. 1967. *The Quality Control System*, USA, New York. Richard Irwin Inc. .
- Loizelier, Blanco. 1954. *Control Estadístico de la Calidad*, Madrid, Editorial Nebrija S.A.
- Montgomery, D. 1991. *Control Estadístico de la Calidad*. México, D.F. Editorial Iberomérica.
- Niebel, B. 1992. *Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos*. México, D.F. Editorial Alfaomega.
- Grant, Eugene y Leavenworth, Richard. 1999. *Control Estadístico de Calidad*. México. D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 703 págs.
- Juran & Gryna. 1995. *Análisis y Planeación de la Calidad*. México. D.F. McGraw-hill.
- Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía, 8 Av 10-43 Zona 1 Segundo Nivel, Guatemala, Centro América.

Internet

Imprenta "GORA"
25 Av. 25-71, Zona 5
Telefax: 335-5733 - 218-7292