

83  
27



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD  
EN INGENIERIA DE LA CALIDAD**

**TRABAJO ESCRITO**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A:**

**MARISOL REYES MEJIA**

**TESIS CON  
FALTA DE CUBRIR**

México, D. F. 1989



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD  
EN INGENIERIA DE LA CALIDAD.

1. INTRODUCCION.
2. HERRAMIENTAS ESTADISTICAS PARA EL CONTROL DEL PROCESO.
3. ETAPAS DE APLICACION PARA EL CICLO INDUSTRIAL.
  - a) Planificación de la calidad.
  - b) Proceso de manufactura.
  - c) Registro de resultados.
  - d) Ingeniería de campo.
4. COSTOS DE CALIDAD.
5. CONCLUSIONES.
6. BIBLIOGRAFIA.

## INTRODUCCION.

Actualmente la crisis en nuestro país nos ha colocado en una situación de desventaja para nuestro desarrollo económico. Por lo cual es necesario buscar nuevos caminos que nos permitan competir en el mercado nacional e internacional, pero para ser mas competitivos en exportaciones debemos lograr, Calidad, Productividad, Confiabilidad y Bajos Precios en nuestros productos.

Tradicionalmente el término calidad ha significado cumplir con las especificaciones. Esto implica que la responsabilidad por la calidad ha sido asociada generalmente con las áreas de Ingeniería, Calidad del Producto y Manufactura de la compañía. Las personas de estas áreas eran las encargadas de que los productos cumplieran con las especificaciones inspeccionando el producto en forma masiva, enviando a reproceso el producto defectuoso, enfocando su acción a la detección de defectos.

El termino calidad ha evolucionado a un significado mas amplio. Ahora significa :Estar adecuado al uso: o :La idoneidad o aptitud para el uso: o :El grado de bondad de un producto para que sea útil:. Como puede observarse al contrastar ambos conceptos el enfoque ha cambiado. Antes nos centrabamos en los empleados, éstos eran los encargados de alcanzar las especificaciones actualmente, el significado amplio de la calidad se enfoca en el cliente, en las necesidades y expectativas que él tiene.

Prevención en vez de detección es el nuevo enfoque de la calidad.

El enfoque hacia la prevención reconoce que el resultado de un proceso no va a ser el mismo, producto tras producto, parte tras parte, esto significa que existe cierta variación asociada con ese resultado. La variación en el resultado dependerá de las variaciones que se presenten en el equipo, los materiales, los métodos de trabajo, la gente que participe en el proceso y los cambios que se presenten en el medio ambiente.

La herramienta con que contamos para conocer como varia un proceso, es el Control Estadístico del Proceso.

Los métodos de estadística nos permiten observar lo que ocurre en un proceso a través del tiempo, no tenemos que esperar una semana o un mes para conocer los resultados; es posible obtener esta información casi de manera instantánea.

Con la implementación del Control Estadístico de la Calidad, se controla toda la línea de producción, desde que se reciben los materiales hasta llegar al consumidor. Haciendo uso principalmente de dos herramientas que son: las Gráficas de Control y la Capacidad del proceso.

Las Gráficas de Control nos permiten conocer las condiciones de un proceso (combinación de métodos, materia prima, maquinaria, medio ambiente, mano de obra).

La Capacidad de un Proceso, nos muestra hasta donde una máquina o un proceso es capaz de producir una calidad deseada. El Control Estadístico de la Calidad requiere de la participación esfuerzo y colaboración de todos los integrantes de la empresa y el departamanto de Ingeniería de la Calidad es el coordinador de todas las acciones que se tomen en todas las etapas del ciclo industrial.

El primer paso para la implementación del Control Estadístico de la Calidad es la planificación de la calidad, que es el proceso de preparación necesario para alcanzar los objetivos de la calidad. Una vez definidos, se hace una lista de acciones a desarrollar, un cuadro de fechas y otros elementos de planificación de los que hablaremos en su oportunidad.

El sistema de calidad también estará dedicado en gran medida a resaltar la importancia en la toma de decisiones con respecto a los costos de calidad. Ya que resulta absolutamente cierto que el gastar en base a los costos de calidad da como resultado una inversión benéfica y un ahorro considerable.

El control Estadístico de la Calidad, permite que sea más fácil alcanzar los objetivos que toda empresa tiene como fundamentales que son:

- a) Generar utilidades, operar eficientemente y satisfacer plenamente la función social para la cual fué creada.
- b) Producir bienes y servicios para satisfacer un mercado determinado.
- c) Tener permanencia en el mercado.

## HERRAMIENTAS ESTADISTICAS PARA EL CONTROL DEL PROCESO.

Definición de Control de Procesos: "Proceso" es cualquier combinación de máquinas, herramientas, métodos, materiales y hombres empleados para lograr productos y servicios de la calidad deseada. La mayoría de los procesos a los que se hace referencia son procesos de fabricación, pero algunos son procesos de servicio. El control es entonces el proceso de gestión necesario para fijar y hacer cumplir unas normas.

El objetivo final de los procesos es fabricar productos que se ajusten a las especificaciones. Una vez que se han obtenido procesos idóneos, mediante una planificación de la fabricación e introducción de un control de proceso, éste tiene como misión lograr el mayor provecho posible de esos procesos haciendo que se desarrollen a un nivel de rendimiento previsto. La mejor forma para conseguirlo es la gráfica o carta de control.

Una carta de control es una comparación gráfica de los datos de funcionamiento del proceso con límites de control calculados que se dibujan en una carta como líneas límite.

La carta de control sirve principalmente para descubrir las causas asignables de variación. Las variaciones del proceso se deben a dos causas: (1) aleatorias, es decir que se deben al azar exclusivamente, y (2) asignables, es decir, a causas específicas que se pueden averiguar. Lo ideal es que sólo estén presentes las causas aleatorias, porque eso representa la mínima variación posible. Cuando un proceso funciona sin causas de variación asignables, se dice que está en un estado de control estadístico o bajo control o sea que se está realizando el mejor trabajo

productivo posible.

La carta de control distingue entre causas de variación aleatorias y asignables, mediante la elección de unos límites de control. Estos se calculan a partir de las leyes de probabilidad de tal forma que las variaciones aleatorias sumamente improbables se suponen debidas a causas asignables. Cuando la variación real sobrepasa los límites de control, es una señal de que causas asignables se han introducido al proceso y hay que investigarlo. La variación dentro de los límites de control significa que sólo actúan causas aleatorias y no hay que interferir en el proceso.

En la mayor parte de las cartas de control, los límites de control se calculan basándose en la media  $\pm 3$  veces la desviación tipo del estadístico usado, esto significa que si sólo actúan causas aleatorias, el 99.7% de los valores registrados en la carta, caerán dentro de los límites de control. El 0.3% restante corresponde a falsas alarmas, pero esta frecuencia es tan baja que generalmente se usan los límites de  $\pm 3$  para distinguir entre causas de variación aleatoria y asignable.

Aunque los límites de  $\pm 3$  son los mas ampliamente utilizados, algunas situaciones requieren limites diferentes y dan como resultado diferentes grados de falsas alarmas.

Teniendo en cuenta el gran número de características de calidad presentes en una fábrica moderna, las cartas de control están justificadas solamente para una pequeña minoría de características de calidad, una vez que han servido para el objeto requerido, para análisis del problema, para investigación o control, habría que prescindir de la mayor parte de ellas y trasladar el esfuerzo a otras características que necesiten mejorarse.

## Diseño de Cartas de Control.

A. Elija la característica que va a controlar.- Característica es cualquier propiedad o atributo de un artículo, equipo, componente, proceso o servicio que es diferente, descriptible, medible y calificable como conforme o disconforme con los requisitos de calidad especificados.

1. Asigne prioridad a las características que presentan fallas en la actualidad. Esto puede ocurrir en elementos básicos o intermedios o en el producto final. Las prioridades pueden establecerse mediante un análisis de Pareto.

2. Identifique las variables y condiciones del proceso que contribuyen a las características del producto final, para definir las aplicaciones potenciales de la carta, partiendo del material original, pasando por las etapas del proceso hasta llegar a las características finales.

3. Elija las características que aporten la clase de datos necesarios para diagnosticar los problemas.

4. Determinar el punto más próximo a la iniciación del proceso de producción, en que se pueden hacer pruebas para obtener información acerca de las causas asignables de variación, con objeto de que la carta pueda servir como dispositivo de alarma que prevenga la aparición de unidades defectuosas.

B. Elija el tipo de carta de control. Existen varios tipos de cartas de control, posteriormente veremos algunos ejemplos de ellas.

C. Decidir la línea central que se usará y la base de los cálculos para los límites de control. La línea central puede ser la media de datos anteriores o puede ser una media deseada (es decir

un valor estándar). Los límites se pueden fijar a  $\pm 3$  desviaciones estándar, pero pueden elegirse otros múltiplos diferentes para otros riesgos estadísticos. Por ejemplo, los límites de  $\pm 3\sigma$  implican un riesgo muy pequeño por lo general menor de 3 en 1000 de buscar fallas que no existen, pero estos límites significarán un riesgo mayor de pasar fallas cuando éstas realmente existan. Los límites fijados en  $\pm 2\sigma$  implicarán un riesgo mayor de incurrir en el primer tipo de error, pero un riesgo menor de incurrir en el segundo tipo de error. Estos dos tipos de riesgos dependen del tamaño de la muestra. Un estudio realizado por Duncan puso de manifiesto que: Las cartas que usan límites de  $2\sigma$  o incluso de  $1.5\sigma$ , son más económicas que las que usan los límites convencionales de  $3\sigma$ . Esto es cierto si es posible decidir, con mucha rapidez y si no ocasiona gastos, que nada va mal en el proceso cuando un punto cae, por mera casualidad, fuera de los límites de control: es decir, cuando el costo de buscar fallas cuando éstas no existen, es bajo. Por el contrario será más económico usar cartas de  $3.5\sigma$  a  $4\sigma$  si el costo de buscar posibles fallas es muy elevado.

D. Elija una muestra racional. Los datos dibujados cronológicamente en una carta de control han de corresponder a grupos de unidades de un producto que denominaremos muestras racionales. Estas muestras deben elegirse de forma que tengan la máxima probabilidad de que las mediciones realizadas en cada muestra sean semejantes y la máxima probabilidad de que las muestras se diferencien entre sí. Los principales puntos a considerar en la elección de las muestras son:

1. Lotes a partir de los cuales se eligen las muestras. El orden de elección del lote es vital para determinar si una clase de variable dada está encubierta o puesta de manifiesto. Todos los lo

tes han de formarse en condiciones análogas, de manera que las -- piezas de los distintos lotes sean tan parecidas como sea posible, el orden de elección puede fijarse de diversas formas:

a. Según la causa de variación sospechada. En este caso cada lote se compone de productos que se originan a través, de un único sistema de causas.

b. Por iguales cantidades de producto producido. Esto es útil, para descubrir cambios continuos, como podría ser el desgaste de herramientas.

c. A intervalos de tiempo iguales. Se pueden descubrir causas que varían con el tiempo. La mayoría de las cartas de control usadas para mantener el control, se basan en la igualdad de tiempo o en la igualdad de cantidad.

d. Evitar totalmente la identificación de los lotes y tomar sencillamente muestras, directamente del proceso, a intervalos de tiempo iguales o a intervalos de cantidad regulares. Este método es el más sencillo de administrar y es también el menos informativo si hay evidente falta de control. Al no identificarse los lotes se pierde el orden y se complica la acción correctiva a aplicar.

El conocimiento del proceso técnico puede ayudar a separar, el producto en grupos racionales o lotes de los que se extraen las muestras. El principal esfuerzo es garantizar que los ejemplares de cada una de las muestras se han producido bajo las mismas condiciones.

2. Composición y frecuencia de la muestra. Si se utiliza la carta para control del proceso, las piezas de cada muestra deben de ser consecutivas en el orden de producción. Esto es para obtener una estimación de la variación aleatoria que proporcione los límites

de control lo suficientemente sensibles para descubrir cambios en el proceso. Si las piezas se toman al azar en un lote los cambios que tienen lugar a medida que el lote avanza servirán para aumentar la dispersión de la muestra, dando como resultado límites de control más amplios, reduciendo con eso la sensibilidad de la carta. La decisión de la frecuencia del muestreo debe considerar el costo de tomar estas muestras frente al valor de los datos obtenidos. Duncan llegó a las siguientes conclusiones con respecto a la frecuencia del muestreo para la carta  $\bar{X}$ -R y respecto a la necesidad de descubrir cambios en el proceso, para poder minimizar el costo global.

a. Si un cambio en la media del proceso causa una tasa elevada de pérdidas, es decir, elevadas con respecto al costo de inspección, es mejor tomar muestras pequeñas, con mucha frecuencia, en lugar de muestras grandes con menos frecuencia. Por ejemplo, cuando la tasa de pérdidas es elevada, es mejor tomar muestras de 4 o 5 cada media hora, que muestras de 8 o 10 cada hora.

b. Si el costo unitario de inspección es relativamente elevado el diseño más económico es aquel que toma muestras pequeñas a intervalos relativamente largos (por ejemplo, muestras de 2 cada 4 u 8 horas) con límites de control estrechos, por ejemplo, de  $\pm 1.5$ .

Los datos suministrados por la experiencia, son útiles para juzgar la frecuencia apropiada del muestreo, sin que haya peligro de no ajustarse a las especificaciones. Al principio es conveniente que el muestreo sea frecuente hasta que los datos indiquen que la frecuencia puede reducirse.

3. Tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra decide la amplitud de las líneas de límite y por ello decide la máxima variación

que ocurrirá sin descubrirse. Duncan, condujo un estudio sobre el tamaño de muestra, concluyendo que los tamaños de 4 o 5 están cerca del óptimo si se quieren detectar cambios relativamente grandes, por ejemplo, si la causa asignable de variación produce cambios de  $2\sigma'$  o más en la media del proceso. Si se desean detectar cambios tan pequeños como  $1\sigma'$ , es más económico usar tamaños de muestra entre 15 o 20 observaciones.

E. Preparar un sistema para recoger datos. Si la carta de control ha de servir como herramienta de uso habitual, habrá que diseñar instrumentos de medida, que proporcionen lecturas rápidas y confiables. El registro de datos puede simplificarse con un buen diseño de los impresos a utilizar. Debe evitarse copiar los datos de cada día.

F. Calcular los límites de control y facilitar instrucciones específicas acerca de la interpretación de los resultados y las acciones a tomar por los diversos miembros del personal de producción.

Cartas de Control.

Carta  $\bar{X}$ -R.

Esta carta es útil en los procesos con máquina dominante, desde el punto de vista de la utilización eficaz de toda la información obtenida en una serie de mediciones, lo mejor es tener un par de gráficas: una que muestre los valores medios de (X) y otra para los valores del rango (R) R= valor máximo - valor mínimo. La desviación estandar se usa a veces en lugar del rango. La gráfica de los valores de  $\bar{X}$  dice cuándo se ha producido un

cambio en la tendencia central, ésto podría deberse a factores tales como: desgaste de las herramientas, un incremento gradual en la temperatura, un nuevo lote de material de mayor dureza, un método diferente utilizado por el operario del turno de la noche. La gráfica de los valores de R indica cuando ha tenido lugar una ganancia o pérdida significativa de uniformidad. Una pérdida de uniformidad, puede deberse a causas tales como: cojine tes gastados, un portaherramientas flojo, sujeción inadecuada del material, falta de concentración del operario.

Procedimiento para realizar una carta  $\bar{X}$ -R .

- 1.- Elegir la característica (espesor, temperatura, presión, dureza, etc.) que se pretende controlar.
- 2.- Elegir el tamaño de la muestra (generalmente son 25 elementos aunque puede variar). tomar a cada una de ellas 5 lecturas o medidas en donde la lectura individual o dato se indicará como:

$$X (X_1, X_2, X_3, \dots, X_i)$$

la frecuencia de la toma de muestra es cada hora, pudiendo variar también ese tiempo.

- 3.- Tomar la muestra con la frecuencia determinada y obtener su promedio aritmético que representaremos por  $\bar{X}$  o media.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5}{n}$$

n = 5 número de lecturas.

La  $\bar{\bar{X}}$  es el promedio aritmético de las  $\bar{X}$  en las 25 muestras tomadas, es el valor de la línea central.

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_{25}}{25}$$

- 4.- De estas 5 lecturas tomadas de cada muestra ( de tamaño 25) se obtiene el rango (valor máximo - valor mínimo).

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

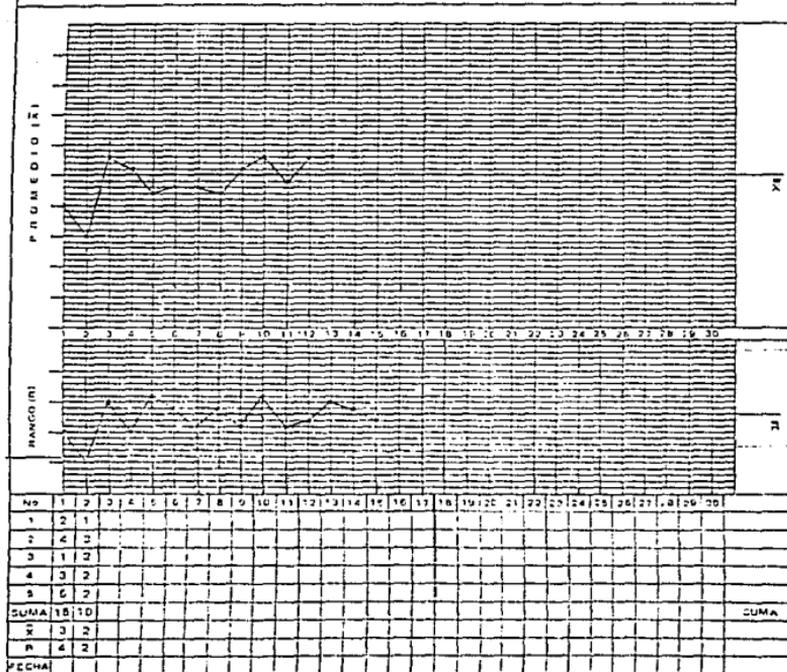
el rango promedio es la suma de los rangos de las muestras divididos entre 25.

$$R = \frac{R + R + R + \dots + R}{25}$$

5.- Uso de la carta o gráfica de control.

a) Recopilación de datos y elaboración de gráficas.

MATERIAL	No. OPERACION O DESCRIPCIÓN.	INSPECCION DE PROCESO
MAQUINA O EQUIPO:	CONDICIONES DEL EQUIPO	
VARIABLE MEDIDA	ESPECIFICACION.	
SISTEMA DE MEDIDAS	CAPACIDAD: CAPACIDAD INSTRUMENTO DE MEDICION EMPLEADOS	



6.- Cálculo de los límites de control.

$$\bar{X} \pm 3\sigma' = \bar{X} \pm \frac{3\sigma'}{\sqrt{n}} \quad \sigma' = \frac{R}{d_2}$$

donde

$d_2$  = factor de conversión

$\sigma'$  = desviación estándar de la población de medias de las muestras

$\sigma$  = desviación estándar de la población de valores individuales

$n$  = número de valores de cada muestra

En la práctica estos valores vienen dados por las siguientes fórmulas:

	Límite superior	Límite inferior
Medias	$\bar{X} + A_2 R$	$\bar{X} - A_2 R$
Rangos	$D_4 R$	$D_3 R$

Los valores para estos factores ( $A_2$ ,  $D_4$ ,  $D_3$ ) se encuentran tabulados para diferentes tamaños de muestra en la siguiente tabla:

FACTORES PARA EL CONTROL ESTADISTICO

Número de observaciones en la muestra	Gráficas para medias		Gráficas para Desv. estándar		Gráficas para amplitudes		Número de observaciones en la muestra
	Factores para límites control		Factores para límites control		Factores para límites control		
n	$A_1$	$A_2$	$E_3$	$D_4$	$D_3$	$D_2$	n
2	3.753	1.810	0	3.658	0	3.268	2
3	2.594	1.022	0	2.698	0	2.574	3
4	1.880	0.729	0	2.330	0	2.302	4
5	1.456	0.577	0	2.128	0	2.114	5
6	1.160	0.463	0.03	1.997	0	1.994	6
7	0.977	0.378	0.07	1.903	0.078	1.924	7
8	0.845	0.322	0.10	1.831	0.136	1.864	8
9	0.767	0.287	0.12	1.774	0.164	1.818	9
10	0.714	0.260	0.13	1.727	0.183	1.777	10
11	0.673	0.240	0.14	1.688	0.198	1.744	11
12	0.639	0.225	0.14	1.654	0.214	1.717	12
13	0.610	0.215	0.14	1.625	0.229	1.692	13
14	0.586	0.207	0.14	1.599	0.242	1.671	14
15	0.567	0.199	0.14	1.577	0.254	1.652	15

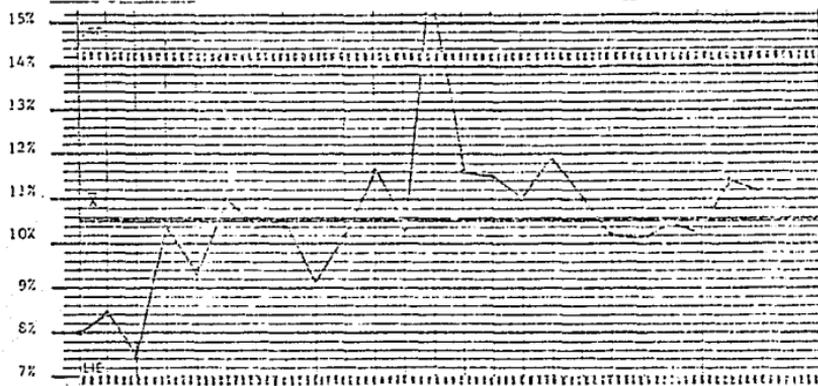
# GRAFICA DE CONTROL POR VARIABLES

## CONTROL DE PROCESO

PLANTA/DEPARTAMENTO ROLADO EN FRIO	NUMERO Y NOMBRE DE OPERACION O EQUIPO LINEA DE PREPARADO # 3 TANQUE	No. DE PIEZA Y NOMBRE
---------------------------------------	--	-----------------------

CARACTERISTICA MEDIDA % CONCENTRACION DE ACIDO	ESPECIFICACION OBJETIVO DE PRODUCCION 92 MIN.	ITEM CRITICO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
---	--	--

$\bar{X} = 10.97$ LSC = 12.91 LIC = 8.93	INDIVIDUALES	TAMAÑO DE MUESTRA FRECUENCIA: 20 x 3 MODAS
--	--------------	---



Análisis: (1) El primer punto del 2o turno de 11.3 luz mal interpretarlo; punto en cambio. (2) Con los resultados el tercer punto en 11.2 está debajo del nuevo LIC, es un problema que empezó en los tres primeros puntos. (3) Revisar otra vez los valores de hora utilización:  $\bar{R} = 84$ ,  $LSC_R = 274$ ,  $X \times 10 \text{ GR}$ ,  $LSC_X = 12.51$ ,  $LIC_X = 8.41$

$\bar{R} = 1.37$ LSC = 4.00 LIC = 0.74	RANGOS	
--	--------	--



FECHA/HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	8.6	8.5	7.4	12.5	9.3	11.1	10.4	10.4	5.0	10.8	11.7	10.3	16.2	11.5	11.5	11.0	12.0	11.9	10.1	10.5	10.3	11.1
2																						
3																						
4																						
5																						
SUM																						
X																						
R	5.1	1.1	3.1	1.2	1.3	1.7	1.9	1.4	1.9	1.7	1.4	5.3	4.5	1.1	1.5	1.0	1.0	1.8	1.1	1.4	2.7	1.2

Para tamaños de muestra inferiores a siete no se determina el límite de control inferior para rangos.

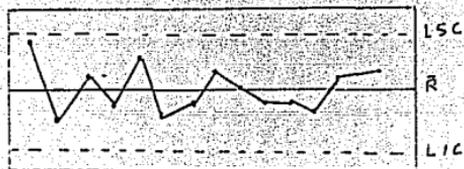
El objeto de analizar una gráfica de control es identificar cuál es la variación del proceso, las causas comunes y causas especiales de dicha variación y en función de esto tomar alguna acción apropiada cuando se requiera.

1. Analice el conjunto de datos en la gráfica de rangos ( R  
1.1 Puntos fuera de los límites de control.

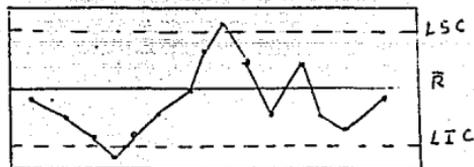
La presencia de uno o más puntos fuera de los límites de control (superior o inferior) nos indican una inconsistencia en el proceso. La variación del proceso dentro de los límites de control, es debida a causas comunes (fallas del sistema). Cuando se presentan puntos fuera de los límites de control es una señal de que se requiere un análisis de la operación para buscar la causa que lo originó:

- El límite de control está mal calculado o los puntos están mal agrupados.
- El sistema de medición ha cambiado (diferente inspector o calibrador).
- Variación del proceso debido a una causa especial.

Proceso en control  
para rangos



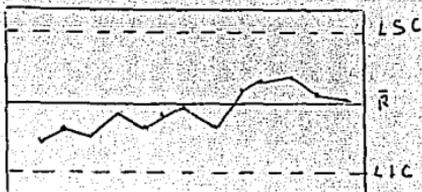
Proceso no controlado  
puntos fuera de los  
límites de control



Debemos de observar que no existan corridas y tendencias

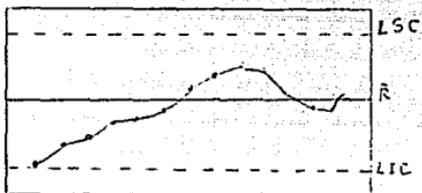
Corrida: es una secuencia de ocho o más puntos que se alinea hacia un lado del promedio

Este proceso presenta una corrida de 8 puntos abajo de  $\bar{R}$



Tendencia: es cuando seis o más puntos consecutivos se presentan con valores crecientes o decrecientes.

Este proceso muestra una tendencia ascendente de ocho puntos en ascenso



Todo esto nos puede indicar: por arriba del rango promedio.

- Mayor dispersión de los resultados, la cual puede venir de una causa irregular (como el funcionamiento del equipo) o un cambio en la distribución de los materiales, estos problemas requieren de una acción correctiva inmediata.

- Un cambio en el sistema de medición

Por abajo del rango promedio.

- Menor variación en los resultados, lo cual es una buena condi-

ción que debe estudiarse para ampliar su aplicación.

- Un cambio en el sistema de medición.

#### HABILIDAD DEL PROCESO.

Una vez que se ha determinado que nuestro proceso está en control estadístico (puntos dentro de los límites de control o puntos distribuidos sin tendencias), veremos si el proceso es hábil.

La habilidad de un proceso es la capacidad de una máquina o un proceso para cumplir con las especificaciones de Ingeniería en forma consistente. La habilidad de un proceso es descrita en términos de la distancia que hay entre el promedio del proceso ( $\bar{X}$ ) y los límites de especificación, a esa distancia será "Z".

$$Z_s = \frac{LSE - \bar{X}}{\sigma'}$$

$$Z_i = \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma'}$$

LSE = límite superior de especificación.

LIE = límite inferior de especificación

Zs = Z superior.

Zi = Z inferior.

Z es usada en conjunto con la tabla de distribución normal para estimar la fracción de piezas que estarán fuera de especificación Pz, es el número correspondiente en la tabla de la distribución normal para Zs y Zi, para Zi.

$$P_{total} = P_{z_s} + P_{z_i}$$

Un proceso es hábil cuando el 99.73% de las observaciones están dentro de la especificación para  $\pm 3\sigma$  y 99.996% para  $\pm 4\sigma$ .

Otra forma de evaluar la habilidad en los procesos es a través de los parámetros Cp y Cpk.

Cp es la habilidad potencial que tiene el proceso para cumplir

con las especificaciones del diseño.

Cpk es la habilidad real que tiene el proceso.

El parámetro Cp está definido como la comparación entre la variación actual del proceso y la variación permitida por la especificación.

Cp = Variación especificada o permitida  
Variación actual del proceso

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma'}$$

$$\sigma' = \frac{R}{d_2}$$

Un valor de Cp = 1.00 para  $\pm 3\sigma$  y Cp = 1.33 para  $\pm 4\sigma$  son los requerimientos mínimos para decidir si un proceso es potencialmente hábil.

Es deseable conocer cuál es el potencial de habilidad de un proceso, pero es necesario evaluar la habilidad real del proceso lo cual es posible a través del parámetro Cpk.

a través del parámetro Z ya definido

$$Cpk = \frac{Z_{\min}}{3}$$

se escoge el mínimo entre Zs y Zi con ese dato se calcula el Cpk.

Para considerar que un proceso es realmente hábil debemos tener como mínimo:

Cpk > 1.00 para  $\pm 3\sigma$

Cpk > 1.33 para  $\pm 4\sigma$

Los parámetros anteriores nos son de gran utilidad para la correcta evaluación de nuestros procesos o máquinas. Con el cálculo de estos parámetros podemos concluir que los requerimientos son mayores a 1 un valor menor indicará que el proceso no

es hábil.

Los procesos que no son hábiles requieren de una acción inmediata, existe un grupo limitado de acciones disponibles:

- Seleccionar el producto y desechar o reparar cualquier pieza que no cumpla con las especificaciones (una propuesta costosa y no confiable que tolera un derroche continuo).
- Alterar las tolerancias de las especificaciones para que sean consistentes con la habilidad del proceso actual, una acción administrativa que no mejorará el producto y que sería aprobada solamente si las características del diseño no estuvieran comprometidas.
- Mejorar la habilidad del proceso mediante la reducción de la variación de las causas comunes.

#### GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.

A pesar de las ventajas de las gráficas X-R como instrumentos para diagnosticar los problemas de calidad y como medio para observar el proceso, su empleo se limita a algunos productos y servicios. Son aplicables sólo a características de calidad que pueden medirse y expresarse mediante números. Otras características de calidad sólo pueden clasificarse como atributos.

Los datos por atributos tienen dos posibilidades: pasa/no pasa, conforme/no conforme, presente/ausente, si/no, seleccionado/rechazado. Los datos por atributos pueden ser contados para registro y análisis. Los hechos que favorecen el uso de las gráficas de control por atributos son:

- Aplicables a cualquier proceso.
- Rápidas y simples de obtener.

- Los datos están a menudo disponibles.
- Son fáciles de interpretar.
- Contribuyen a dar prioridad a áreas con problemas

En una lista se pueden especificar los atributos requeridos sin necesidad de personal especializado. Los datos se presentan con periodicidad a la gerencia y favorecen la formación de índices que son muy importantes en el desarrollo de una empresa, estos índices pueden referirse al producto, desperdicio, rechazo de materiales, seguridad, productividad, comunicación, etc. El uso de gráficos por atributos en las áreas claves del proceso productivo, nos indican cuáles procesos requieren de un análisis más detallado.

Las gráficas de control por atributos más utilizadas son:

- p "porcentaje de unidades defectuosas"  
Los tamaños de muestra pueden ser variables.
- np "número de unidades defectuosas"  
El tamaño de muestra debe ser constante.
- c "número de defectos"  
Tamaño de muestra, constante"
- u "número de defectos por unidad"  
Tamaño de muestra variable.

Al igual que en las gráficas anteriores los pasos son:

1. Obtención de datos.
2. Calcular los límites de control.
3. Gráficar.
4. Analizar la gráfica.
5. Interpretar la habilidad del proceso.

Las observaciones por atributos constan de: un criterio

que se aplica a un objeto o a un grupo, una prueba del objeto o del grupo y una decisión, si o no, el objeto o grupo alcanza o no el criterio.

#### CARTA P

La fracción de unidades defectuosas ( $p$ ), se define como el número de artículos defectuosos encontrados en una inspección, entre el total de artículos examinados ( $n$ ). La fracción defectuosa es expresada casi siempre como un fracción decimal. Para el cálculo real de los límites de control es necesario usar la fracción defectuosa.

Para la obtención de datos es necesario seleccionar la frecuencia y el tamaño de muestra. Es muy importante establecer la frecuencia de los subgrupos (horaria, diaria, semanal) y la cantidad a controlar (del 100 % a un muestra). Los intervalos cortos entre tomas de muestra permitirán una rápida retroalimentación al proceso ante la presencia de problemas. Los tamaños de muestra grandes permiten evaluaciones más estables del desarrollo del proceso y son más sensibles a pequeños cambios en el promedio del mismo.

Cálculo del porcentaje defectuoso promedio para  $k$  subgrupos del período en estudio:

$$\bar{p} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\text{número de partes defectuosas}}{\text{partes inspeccionadas}}$$

donde  $np_1, np_2, \dots$  son los números de partes defectuosas y  $n_1, n_2, \dots$  son el número de partes inspeccionadas en cada subgrupo.

Cálculo de los límites de control, para  $k$  subgrupos del período en estudio.

$$LSCp = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LICp = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Interpretación de la carta de control.

Un punto fuera del límite superior de control puede indicar:

- El límite de control ha sido mal calculado o el punto mal graficado.
- El desarrollo del proceso ha empeorado, ya sea en ese momento o como parte de una tendencia.
- El sistema de medición ha sido modificado.

Un punto por debajo del límite inferior de control indica:

- El límite se calculó mal o el punto se graficó mal.
- El desarrollo del proceso ha mejorado, esta condición debe estudiarse con el fin de que las mejoras obtenidas sean incorporadas en forma permanente y estable.
- El sistema de medición fué modificado.

Cuando  $p$  es pequeño y/o  $n$  es pequeño, el límite de control inferior puede resultar negativo. En estos casos no existe límite de control inferior.

Al igual que en la carta  $X-\bar{R}$  aquí también se presentan corridas y tendencias. Cuando se presentan por encima del promedio indican que: El desarrollo del proceso ha desmejorado y puede estar aún empeorando, que el sistema de medición se modificó.

Al presentarse debajo del promedio del proceso indican que: El proceso mejoró, el sistema de medición se modificó.

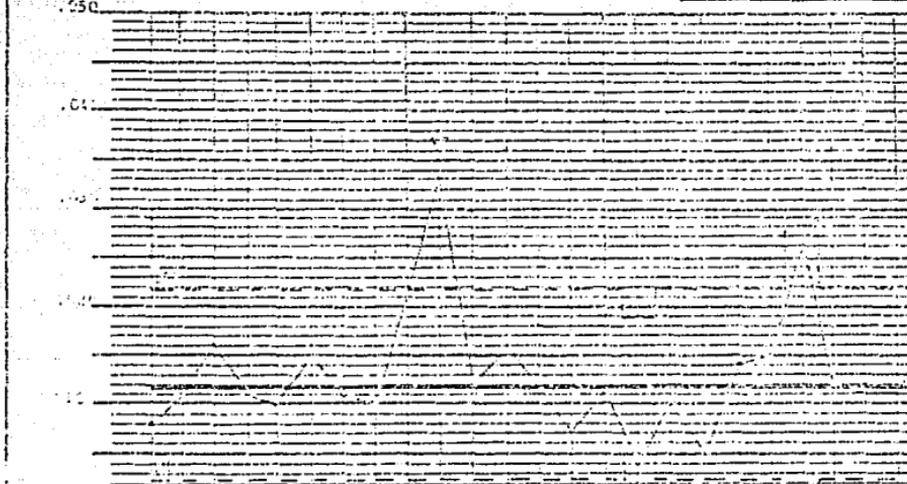
Cálculo de la habilidad del proceso.

En esta carta la habilidad del proceso se define como el porcentaje que está dentro de especificaciones.

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

PLANTA PLASTICOS TRENON	<input type="checkbox"/> p <input type="checkbox"/> n	<input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> e	NR. DE PIEZA Y NOMBRE 110-114336-AA REV. 10/20/57 SIM. 02/11/57
DEPARTAMENTO Modelos	NO. DE OPERACION Y NOMBRE Esculturas por Desmembrar		SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

P.M.C. = 012      L.C.P. = 002      L.C.E. = 0005      TAMAÑO DE MUESTRA PROMEDIO = 1154  
 FRECUENCIA      Puntos      Defectos



MUESTRAS	TAMAÑO DE LA MUESTRA INI		MUESTRA																					
	INICIAL	FINAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
CANTIDAD (n.º)	8	13	15	16	14	15	13	19	24	18	16	17	19	9	14	9	11	5	12	12	11	17	13	15
PORCENTAJE (n.º)	0.000	0.011	0.016	0.011	0.010	0.015	0.011	0.010	0.009	0.013	0.012	0.015	0.011	0.007	0.012	0.004	0.010	0.005	0.014	0.015	0.006	0.012	0.011	0.011
FECHA	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

OBSERVACIONES  $\bar{p} = 356/30537 = .0116$      $n = 40958 / 356 = 1149$   
 $15\sigma$ , L.C. =  $.012 \pm 3 \sqrt{.012} \times .958 \sqrt{1149} = .0215$ , .0025  
 Entre límites son para el tamaño de muestra 1154; 25% = 895 a 1495/1-22; L.C. L.C. = .012  
 $= .327 \sqrt{.012} = .0035$ ; 2-2 =  $.012 \pm .327 \sqrt{.012} = .006$ , - 2-5 =  $.012 \pm .327 \sqrt{.012}$   
 $\sqrt{.012} = .0199$ , 2-10 =  $.012 \pm .327 \sqrt{.012} = .0188$ , .0032; 2-17 =  $.012 \pm .327 \sqrt{.012}$   
 $= .0208$ , .. Dado que solo los nuevos límites de Frec. 10 y 17 cambian la decisión, son los  
 Gráficos que se grafican

ejemplo:  $\bar{p} = 0.0312 = 3.12 \%$

$$(1-\bar{p}) = 1.0000 - 0.0312 = 0.9688 = 96.88 \%$$

por lo que la habilidad de este proceso es igual a 96.88 % es decir, es capaz de producir el 96.88 % de piezas buenas.

Sin embargo este valor no nos dice nada si no lo comparamos contra un valor objetivo o límite, un proceso es hábil a  $\pm 3\sigma$  si  $(1-\bar{p}) \geq 99.73 \%$

La habilidad del proceso refleja su desarrollo actual y lo que se puede esperar del mismo en la medida en que continúe bajo control y no se produzcan cambios.

Gráfica de control  $n\bar{p}$ .

La gráfica de control  $n\bar{p}$  mide la cantidad de unidades defectuosas en una muestra inspeccionada. La gráfica  $n\bar{p}$  es parecida a la  $p$  con la única diferencia de que se registra la cantidad de unidades defectuosas en lugar de su porcentaje en la muestra.

Como en todas las gráficas se debe establecer la frecuencia para la toma de datos considerando que los intervalos cortos permiten una rápida retroalimentación del proceso. Las muestras deben de tener el mismo tamaño y además ser lo suficientemente grandes para permitir la aparición de varios defectos en cada una de ellas. En la práctica los tamaños de la muestra suelen ser mayores de 50.

Cálculo de los límites de control.

$$np = \frac{n\bar{p}_1 + np_2 + \dots + np_k}{k}$$

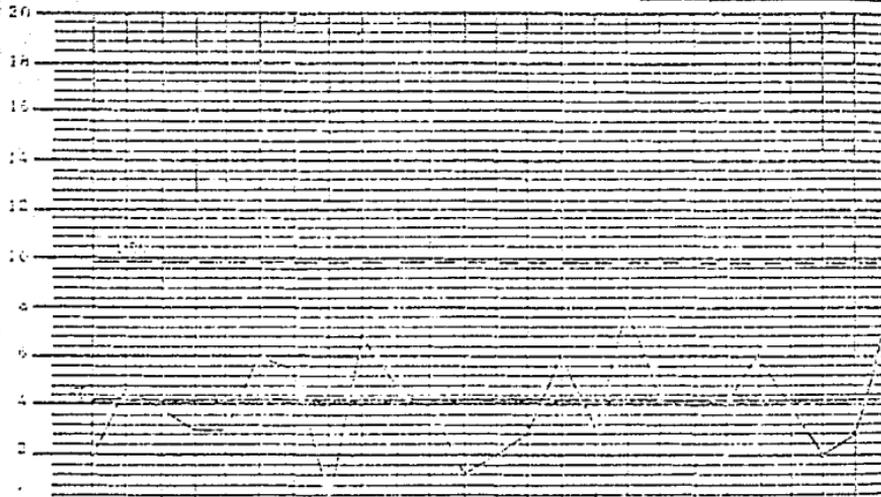
$np_1, np_2, \dots$  son las unidades defectuosas de los  $k$  subgrupos.

$$LSC_{np} = \bar{np} + 3\sqrt{\frac{\bar{np}(1-\bar{np})}{n}}$$

### GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

PLANTA <b>FABRICANTES METALICOS</b>	P <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/> V <input checked="" type="checkbox"/>	No. DE PIEZA Y NUMERO <b>E288-12165-AA</b> <small>GRUPO DE CONTROL</small>
DEPARTAMENTO <b>SOLDADURA</b>	No. DE OPERACION Y NOMBRE <b>SOLDADURA DE PUNTO-BAJO-EDIDA</b>		ITLM OPINION SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>

FROM = 6.04      LSC = 9.87      LIC = -      TAMAÑO DE MUESTRA PROMEDIO 62 Sold.  
 FRECUENCIA 1 Carga 1/2 Hrs.



TAMAÑO DE LA MUESTRA (N):		62																									
PIEZAS	CANTIDAD (p.p.)	2	5	4	3	1	6	5	0	7	5	4	1	2	3	6	3	6	4	4	4	6	-	2	3	7	
	PORCENTAJE (p.p.)																										
FECHA		3-1																								3-2	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	

OBSERVACIONES

$\bar{p} = 101 / 25 = 4.04$

$1\sigma, 1\tau = 4.04 \pm 5 \sqrt{(4.04(1 - 4.04) / 62)} = 9.87$

Promedio de piezas O.V. =  $62 - 4.04 = 57.96$

$$LIC_{np} = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

La interpretación de la carta np es la misma que la de p.

La habilidad del proceso es np, que representa el promedio de piezas defectuosas en una muestra de tamaño fijo n. Esto puede ser expresado como el porcentaje aprobado de piezas:

$$\frac{n - np}{n} \times 100$$

Carta c para número de defectos.

Carta de control para el número de defectos por unidad inspeccionada, son aplicables a cualquier característica medible; las cartas de control p y np pueden aplicarse a resultados de una inspección que acepte o rechace artículos o productos individuales. La carta de control por defectos c clasifica a los defectos según su importancia, cada artículo defectuoso tiene uno o más defectos, esta carta puede contabilizar los defectos, los cuales deben ser eliminados en una inspección al cien por ciento, en este caso la ventaja esencial es disminuir los costos del reproceso. Cuando se tolera un número de defectos por unidad, clasificados de acuerdo a su influencia sobre el producto, y se desea reducir a un mínimo éste, también puede ser empleada. Su uso es indicado cuando se intenta hacer un estudio de corta duración del proceso o de un artículo en particular.

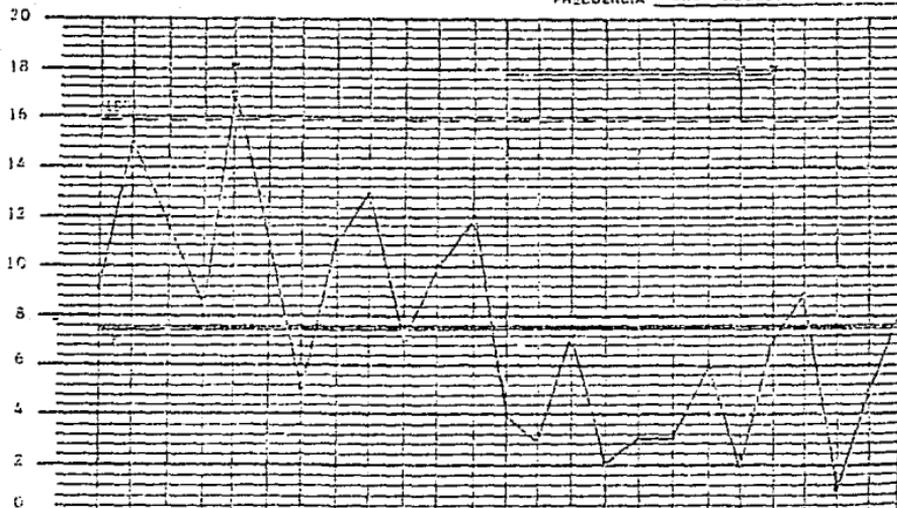
Objetivos de la carta c:

- Reducir el costo relativo al reproceso.
- Informar a los supervisores de producción y a la administración acerca del nivel de calidad.
- Informar de la probabilidad de ocurrencia de los defectos en

### GRÁFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS

PLANTA <b>CORTE Y COSTURA</b>		<input type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/> b	<input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> d	No. DE PIEZA Y NOMBRE Tela cubierta asiento	
DEPARTAMENTO Cortado	No. DE OPERACIÓN Y NOMBRE Inspección visual-	Defectos por Rollo.		ÍTEM CRÍTICO SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	

PROM = 7.56      LSC = 15.81      LIC =         TAMAÑO DE MUESTRA FROMEDIO Rollo  
 FRECUENCIA Cada Rollo.



TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)	I																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
RECHAZOS																										
CANTIDAD (p.c)	9	15	11	8	17	11	5	11	13	7	10	12	4	3	7	2	3	3	6	2	7	9	1	1	1	
PORCENTAJE (p.v)																										
FECHA	11-9					11-10					11-16					11-17					11-18					11-19
	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	1	

OBSERVACIONES

Paso 2.- Cálculo de los límites de Control  $\bar{c} = 189 / 25 = 7.56$   
 $LSC = LIC = 7.56 + 3\sqrt{7.56} = 15.81$  . -

tendencia hacia abajo o cambio durante el día 16 Nov.; (ingreso de nuevo(s) lote(s) de material por rollos?; nuevo inspector o procedimiento de inspección?

una unidad.

Ejemplos de procesos en los que se usa la carta c son: El número de pernos defectuosos en el fuselaje de un avión, puntos débiles en el aislamiento, en una longitud dada de un alambre aislado, número de defectos observados en una superficie determinada considerada como unidad, número de burbujas que se observan en una unidad de material (botella, cristal, parabrisas), etc..

Los tamaños de muestra inspeccionadas (número de unidades, área de tela, longitud de un cable, etc.) deben ser constantes, de manera que los valores graficados de c reflejen los cambios en el desarrollo de la calidad (c representa la ocurrencia de defectos).

Cálculo de los límites de control.

Calcule los defectos promedio del proceso:

$$\bar{c} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{k}$$

donde  $c_1, c_2, \dots$  son la cantidad de defectos en cada uno de los k subgrupos.

$$LSCc = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LICc = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

La interpretación de esta carta es la misma que la de p.

Carta de Control u.

Carta de control para el número de defectos por unidad inspeccionada en muestras de tamaño constante o variable de más de una unidad.

La carta u mide la cantidad de defectos por unidad de inspección en subgrupos cuyos tamaños pueden ser variables. Es similar

a la carta c, con la diferencia que la cantidad de defectos se expresa sobre una base unitaria. Las cartas c y u son adecuadas para las mismas situaciones, pero deberá utilizarse la carta u si la muestra incluye mas de una unidad o si el tamaño de muestra varía entre subgrupos. Cuando el tamaño de muestra varía, el cálculo de los límites de control se simplifica en la medida que la variación no exceda del 25 % del tamaño de la muestra promedio.

$$u = \frac{c}{n}$$

donde c es la cantidad de defectos encontrados

Cálculo de los límites de control.

$$\bar{u} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

donde  $c_1, c_2, \dots$  y  $n_1, n_2, \dots$  representan las cantidades de defectos y tamaño de muestra de cada uno de los k subgrupos.

$$LSCu = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$$

$$LICu = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$$

Cuando el tamaño de un subgrupo excede en un 25 % por encima o por debajo, se pueden recalcular los límites.

$$LCu = \bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

La interpretación es la misma que la descrita para p.

No todos los problemas tienen la misma importancia, debemos asignar prioridades para ello tenemos el diagrama de pareto.

**GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS**

PLANTA		PRODUCTOS METALICOS, SA		P <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	NO. DE PIEZA Y NOMBRE		
DEPARTAMENTO		No DE OPERACION Y NOMBRE		CP <input type="checkbox"/>	U <input type="checkbox"/>	EOTA-8A452-AA		
CERTIFICADA		Auditoria de envío.		(Todos los defectos)			ITEM CRITICO	SI <input type="checkbox"/>
PRCM = 1,89		LSC = 3,35		LIC = 0,43		TAMANO DE MUESTRA PROMEDIO 8 Cajas		
						FRECUENCIA Una vez por día.		

MUESTRAS	TAMANO DE LA MUESTRA (n)	5	8	8	8	8	7	7	8	8	8	7	8	9	9			
	CANTIDAD (mg. cl)	8	7	8	5	23	9	6	14	17	13	15	16	22				
	PORCENTAJE (gr. cl)	1.6	1.1	2.0	1.5	2.4	1.3	2.7	0.5	1.6	2.1	1.9	1.8	2.4				
	FECHA	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

OBSERVACIONES	$\bar{C} = 210 / 112 = 1,89$
	$LSC, LIC = 1,89 \pm 2 \sqrt{1,50} / \sqrt{8} = LSC = 3,35 \quad LIC = 0,43$

## Tablas Estadísticas de Muestreo.

Muestreo de aceptación. La inspección de aceptación se puede aplicar a la recepción de materiales, al producto parcialmente terminado, en varias etapas del proceso de fabricación y al producto final. Incluso puede hacerla el propio comprador del producto terminado. Gran parte del control de aceptación se hace por muestreo, (por los altos costos de efectuar inspecciones al 100% además que no son 100% efectivas, porque en algunos casos las pruebas son destructivas), considerando que un artículo defectuoso es el que no es conforme a las especificaciones en una o más características de calidad. Cuando la decisión se hace siempre por la evidencia de una sola muestra, el plan de aceptación se describe como de muestreo simple o sencillo.

El muestreo doble consiste en seleccionar una muestra de unidades del lote y bajo determinadas condiciones, poder seleccionar una segunda muestra antes de aceptar o rechazar el lote.

El muestreo múltiple decide sobre la aceptación o rechazo de un lote, de acuerdo con los resultados de varias muestras de unidades tomadas de ese lote.

Actualmente en la industria donde se emplean los métodos estadísticos de control, se utilizan Tablas Estadísticas de Muestreo, estas tablas contienen una serie de planes de muestreo con diferentes valores del porcentaje defectivo, a fin de poder satisfacer diferentes condiciones. Los variados planes de muestreo expresan esta meta de calidad de muy diversas formas: El límite del promedio de la calidad de salida, (AOQL) (Average Outgoing Quality Limit), el nivel aceptable de calidad (AQL) (Acceptable Quality Level) y el porcentaje de defectivos tolera

bles en el lote (LTPD) (lot tolerance percent defective).

Protección que proporcionan. El muestreo implica riesgos, el del consumidor al dejar pasar un lote que no satisfaga, como si fuera bueno y el del productor de que se rechace un lote bueno como si fuera insatisfactorio, este riesgo se expresa como un porcentaje. En una tabla de muestreo se puede incluir el 5% para el riesgo del productor. Las tablas se emplean de la siguiente forma: Si el número de unidades defectivas no se excede del número especificado en la tabla, se acepta el lote. De lo contrario se rechaza, o bien, se procede a una inspección al 100% del lote.

En las últimas dos décadas se han desarrollado y publicado las siguientes Tablas Estadísticas de Muestreo:

- I. Tablas de Dodge-Roming.
- II. Military Standar 105A.
- III Planes de Secuencia Regular.
- IV. Tablas de Muestreo Columbia.

En estas tablas se incluyen tres clases de muestreo:

- 1) Sencillo
- 2) Doble
- 3) Múltiple.

Para el empleo de estas tablas se requiere conocer:

- a) El tamaño del lote que se presente a inspección.
- b) La protección AQL que se desea para el material considerado.

Las tablas van a indicar el tamaño de muestra requerida y el número de defectivos que se pueden permitir en ese tamaño de muestra. Si la muestra tiene menor número de defectivos que los permitidos se acepta el lote.

Pero si la muestra tiene mayor número de defectivos que

los indicados en la tabla entonces el lote se rechaza o bien se inspecciona al 100%, pero si se trata de mantener un determinado valor de AQL, no se requiere una inspección al 100% de los lotes que se han rechazado. En estas tablas se encuentra el tipo de inspección que se requiere, el criterio para tomar la decisión lo proporciona el valor de la estimación de la media del proceso, existen tres tipos de inspección:

- 1). Normal.
- 2). Reducido.
- 3). Severo.

A la forma general de muchas tablas de muestreo se les denomina procedimiento normal de muestreo.

En otros procedimientos como MIL-STD-105A y MIL-STD-105C se incluyen muestreos reducidos y severos, para ser empleados en lugar del muestreo normal, esto es cuando se desea alcanzar la meta de calidad especificada, se obtiene la ventaja de tener mayor información de la calidad de los lotes inspeccionados.

Los muestreos reducidos son muy similares a los muestreos normales, con la excepción que los tamaños de muestra correspondientes a un lote deben de ser pequeños, este tipo de muestreo permite una reducción en los costos de inspección. Cuando la calidad de los lotes sometidos a inspección está por abajo de la meta de calidad deseada, se inicia un muestreo severo, este es semejante al normal, con la diferencia que el número de defectivos a tolerar en la muestra es mas reducido.

## Diagrama de Pareto.

En el trabajo cotidiano se presentan problemas que requieren solución. Un diagrama de Pareto, indica que problema debemos resolver primero, en término de su contribución al problema.

En todo fenómeno que resulte de la intervención de varias causas o factores, ordenados en una lista de mayor o menor según la magnitud de su contribución, se encontrará que un pequeño número de causas de la lista, contribuyen a la mayor parte del efecto, mientras que la mayor parte de las causas restantes contribuye solamente a una pequeña parte del efecto.

Elaboración de un diagrama de Pareto.

- Elabore la lista de defectos, productos dañados, etc., que formarán parte del diagrama de Pareto.
- Decida el período de tiempo que ilustrará en su gráfica. En otras palabras, de qué momento a qué momento cubrirá. No hay un período de tiempo preestablecido, de modo que es natural que el período varíe según la situación.
- Obtenga el número de casos (frecuencia de ocurrencia) para cada artículo o defecto para el período considerado. El total de cada artículo estará representado por la longitud de la barra.
- Calcule el porcentaje defectuoso:

$$\% \text{ defectuoso} = \frac{n}{N} \times 100$$

donde  $n$  = número de casos por defecto (frecuencia de ocurrencia).  
 $N$  = tamaño de la muestra (total de casos).

El porcentaje de defectuosos nos da información sobre la mejora que se puede obtener al solucionar un problema, en términos de porcentaje absoluto.

- Calcule el porcentaje relativo de defectuosos. Este porcentaje nos da información de cuánto se puede mejorar al solucionar un problema dentro de la "dimensión crítica"; parte del proceso en donde se presenta el mayor problema.

$$\% \text{ Relativo} = \frac{n}{d} \times 100$$

donde n = número de casos por defecto.

d = número de casos defectuosos en la dimensión crítica considerada.

- Calcule el Porcentaje Relativo Acumulado. Este porcentaje nos da información de los defectos considerados en nuestra dimensión crítica.

- Trace horizontal y vertical en un papel para graficar. en la escala vertical se representará el número de defectuosos y el por ciento.

- En el eje horizontal, se anota primero el defecto o artículo mas importante y así sucesivamente, de modo que el artículo defectuoso principal quede en el extremo izquierdo.

Interpretación de un diagrama de pareto.

El objeto de analizar un diagrama de pareto es identificar cuáles son los principales problemas que afectan nuestro proceso y en que medida y en función de esto, establecer un orden de importancia. Esto nos permitirá tener un mejor aprovechamiento de nuestros recursos al solucionar los problemas mas importantes.

Otra de la herramientas estadísticas que podemos mencionar a pesar de no ser muy empleada en el Control Estadístico del Proceso, son los Histogramas. Los cuales sirven para describir una muestra pequeña que se extrae de un proceso o producto, que nos va a permitir hacer un análisis y evaluación rápidamente para saber si un proceso o producto está cumpliendo con las especificaciones previamente establecidas, como resultado del estudio y viabilidad de los mismos, vamos a elegir los límites superior e inferior de control de acuerdo a los datos obtenidos de la muestra. Con esto se elabora el histograma y se calculan las frecuencias absolutas y relativas, anotando el porcentaje de productos fuera de los límites de especificación, para saber la desviación que tiene el proceso o producto que se está evaluando. esto nos da una pauta aunque no muy confiable para tomar la decisión de aceptar o rechazar dicho producto.

## ETAPAS DE APLICACION EN EL CICLO INDUSTRIAL.

Un sistema de calidad está formado por un red de actividades técnicas y de procedimientos indispensables para poner en el mercado un producto que satisfaga determinados estándares de calidad. Se han seguido en la industria algunos métodos de control de calidad, por muchos años. Lo nuevo en el enfoque moderno del control de calidad es: La integración dentro de un programa administrativo general de actividades, a menudo sin coordinación para una planta y la adición a los métodos de pruebas de tiempo en uso, de nuevas tecnologías de control de calidad que han sido encontradas útiles en relación con el problema de la confiabilidad, enfatizando la importancia del diseño del producto y la precisión en la fabricación.

El control de la calidad es un auxiliar no un sustituto de los trabajos de diseño, ni de los buenos métodos de manufactura, ni de la acuciosa actividad en la inspección, siempre requeridos en la producción de artículo de alta calidad. Los principios del Control Estadístico de la Calidad son básicos en cualquier proceso de fabricación, se han aplicado y pueden emplearse en cualquier tipo de industria, sea ésta de radios, de motores eléctricos, de turbinas y hasta de repostería, de fabricación de drogas o de cerveza. Los detalles de cada programa de control de la calidad se deben de elaborar de modo que satisfagan las necesidades individuales de cada planta.

Los beneficios resultantes del programa son: mejor calidad de diseño y de producto, reducción de costos de operación, reducción de pérdidas, mejoramiento en la moral del trabajador y reducción de tropiezos en la línea de producción.

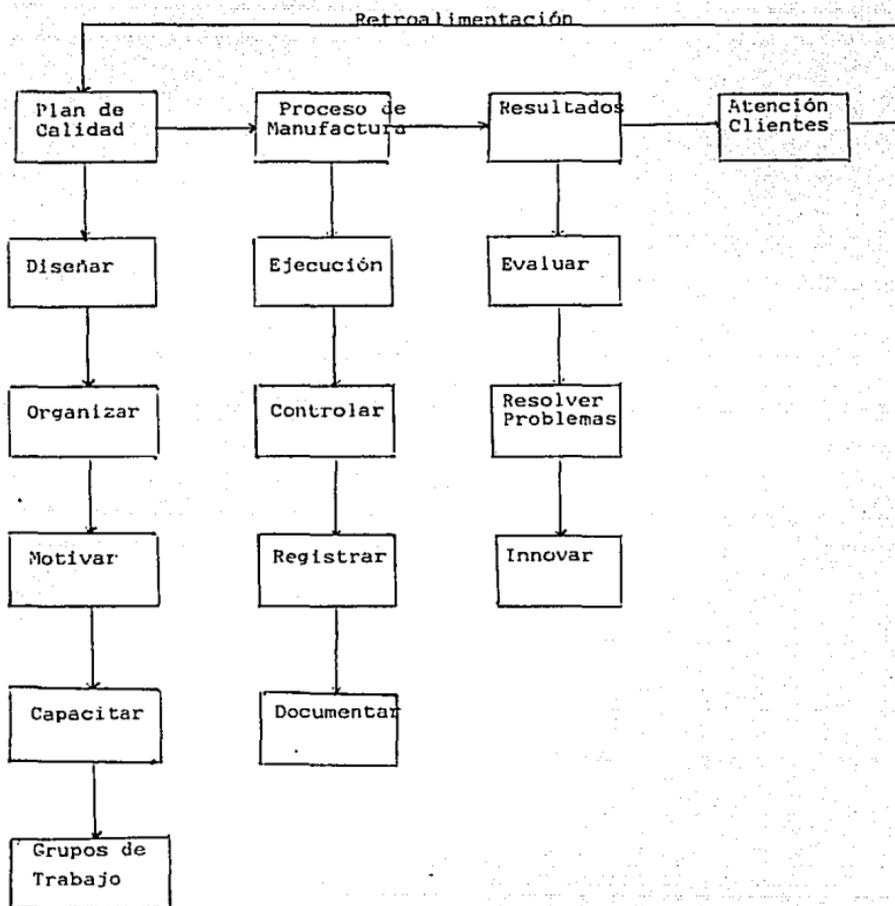
#### a) PLANIFICACION DE LA CALIDAD.

Los altos directivos deben reconocer desde el principio de su programa de Control de Calidad, que no se trata de un proyecto pasajero de reducción de costos, sino de un instrumento de control del proceso productivo, que les inducirá a la completa satisfacción de sus clientes. Para conseguir ese objetivo, se establece un Control de la Calidad que abarcará a todos los niveles de la organización, desde la alta dirección, hasta el personal de intendencia. Para dar inicio al programa se destacan los siguientes puntos:

- 1) Formación de un ambiente propicio para iniciar acciones de calidad.
- 2) Un mecanismo que apoyandose en la propia organización, permitiera conducir e implementar acciones de mejora en la calidad.
- 3) El inicio inmediato de actividades de orden y limpieza en la planta.
- 4) Perfeccionamiento de un sistema de medición de defectos en el producto terminado, en los procesos de fabricación y con los proveedores que fuera uniforme, firme y veraz.
- 4) El reconcimientto efectivo de la existencia de defectos en el campo, en la planta y en la fabrica del proveedor. Es decir que la gente reconociera primero que tenía problemas para después poder darles solución.

El inicio del programa es la instalación de un comité de calidad en el que se involucren a Jefes y Gerentes de todas las áreas del negocio. Este comité delinearé las actividades a seguir.

## Planificación de la Calidad.



## Actividades del Programa de Control de la Calidad.

1) Diseñar un programa de control de calidad para la empresa.

Propósito.- Satisfacer las necesidades del cambio al nuevo enfoque de calidad, planes, estrategias y mediciones.

Responsable: Dirección de planta y comité.

Tiempo requerido: 1 mes.

2) Capacitar al personal, obreros y empleados.

Propósito.- Proporcionar conocimientos de técnicas de medición y de solución participativa de problemas.

Responsable: Control de calidad.

Tiempo requerido: 4 meses.

3) Motivar a todo el personal hacia el nuevo enfoque de calidad.

Propósito.- Crear el ambiente adecuado que fomente y motive hacia el mejoramiento de la calidad.

Responsable: El comité.

Tiempo requerido: 1 mes.

4) Perfeccionar el sistema de medición de defectos.

Propósito.- Captar uniforme y verazmente la información necesaria para definir defectos en el campo, en la planta y con los proveedores, usando esta información para tomar acciones correctivas.

Responsable: Control de calidad.

Tiempo requerido: 2 meses.

5) Organizar los equipos de trabajo.

Propósito.- Implementar mejoras de calidad en el campo, la planta y los proveedores.

Responsable: Dirección de planta y control de calidad.

Tiempo requerido: 1 mes.

6) Establecer metas de reducción de retrabajos y desperdicios por departamento y por área.

Propósito.- Medir los avances del programa de manera sistemática.

Responsable: Control de calidad.

Tiempo requerido: Continuo.

7) Definir formas de premiación para lo equipos de trabajo.

Propósito.- Estimular el inicio y formación grupos de calidad total.

Responsable: Dirección de planta y control de calidad.

Tiempo requerido: Continuo.

El comité de calidad debe proponer un plan específico para cada actividad planeada.

Acciones para implementar el programa de calidad total.

1) Diseñar el programa de calidad.

Los responsables de la elaboración son: la Dirección de planta y el comité de calidad.

2) Capacitar al personal obrero y empleado.

a. Se entrena a un grupo de aproximadamente 30 personas, de las cuáles se escogen 10, que serán los instructores para capacitar al resto del personal.

b) Se inicia un curso permanente de formación de inspectores.

3) Motivar al personal obrero y empleado hacia el nuevo enfoque de calidad.

4) Perfeccionar el sistema de medición de defectos.

a. Impartir cursos al personal de inspección sobre técnicas estadísticas y reportes.

5) Organizar los equipos de trabajo.

6) Establecer metas de reducción de reprocesos, desperdicios y defectos.

7) Definir formas de premiación de los equipos de trabajo.

a. No existen premios de dinero en efectivo, se ha encontrado que los mayores estímulos a la participación y trabajo en equipo son: Reunión de los grupos de trabajo en presencia del Director general, para que hagan una breve exposición de sus logros. Se les obsequian pequeños presentes con el logotipo de la empresa

## b) PROCESO DE MANUFACTURA.

Un sistema para el control del proceso puede ser descrito como un sistema para conocer nuestros resultados.

Se entiende como proceso la combinación de gente, máquinas, equipo, materiales, métodos y medio ambiente, que trabajan juntos para producir un resultado. El desempeño total de un proceso -la calidad del resultado y su eficiencia productiva- depende de la manera en que este proceso ha sido diseñado y de la manera en que lo estemos operando.

La tecnología en el control de procesos se puede definir como:

Un conjunto de conocimientos técnicos para análisis y control de procesos de calidad, incluyendo control directo sobre la calidad de materiales, partes, componentes y ensambles, mientras se hallan en proceso, a todo lo largo del ciclo industrial.

Existen muchas técnicas que se emplean en esta tecnología, las cuales se pueden agrupar en cuatro clases:

### I. Análisis de calidad en procesos.

Se incluyen en ella las técnicas para el análisis de las mediciones que se han proyectado en ingeniería de control de la calidad. Estas mediciones describen el comportamiento del proceso durante su actuación, a fin de que haya medios sensitivos y rápidos para predecir las tendencias del proceso.

### II. Control durante el proceso.

Aquí se encuentran las técnicas en las que se hace uso de los análisis de los procesos con el propósito de ajustar los parámetros de los procesos y conservarlos en estado de control.

### III. Implementación del plan de calidad.

La revisión de los elementos del sistema de la calidad se encuentran contenidos en estas técnicas y para ello se tienen en cuenta los cambios dinámicos que se presentan día tras día en la producción.

#### IV. Auditoría sobre la efectividad de la calidad.

En esta técnica quedan comprendidas todas las advertencias hechas por el departamento de ingeniería de control de calidad. Con ella se comprueba la efectividad del control de la calidad.

#### Técnicas Empleadas en Análisis de Procesos.

##### 1. Determinación de la capacidad.

Análisis de capacidad de máquinas y procesos.

Capacidad del equipo de medición de la calidad y análisis de reproducibilidad.

##### 2. Determinar el grado de conformidad con los valores proyectados.

Análisis de resultados.

Pruebas, inspección y análisis de laboratorio.

Inspección para asegurarse de la calidad.

Pruebas en la producción.

Inspección de la selección.

##### 3. Determinar las causas de variación.

Análisis de la variación en los procesos.

Análisis de operaciones de costos de calidad, variables.

##### 4. Identificación de causas de inconformidad.

Análisis de datos obtenidos en pruebas.

Análisis de desperdicios y reproceso.

Análisis de quejas en el exterior.

## Técnicas para el Control dentro del Proceso.

Para controlar la calidad durante el proceso se requiere de: Una escala de vendedores. Planes para clasificar materiales adquiridos. Tabla de distribución para el control. Gráficas de control. Supervisión del trabajo.

- Escala de vendedores. Los proveedores de un negocio son clasificados de acuerdo a su actuación en una base comparativa.

- Planes para clasificar materiales adquiridos. Al igual que en el punto anterior se utiliza una base para clasificar materiales. Estos informes son de importancia porque sirven para fortalecer la actuación de los vendedores, si se les tasa de calidad poco satisfactoria. Los proveedores harán toda clase de esfuerzos para mejorar su calidad.

- Tabla de distribución para el control. Es un forma de presentar información en orden de sucesión. Se establece para un proceso o parte de un proceso. Aquí se asienta el conocimiento requerido para controlar los atributos de calidad. La información en cuanto a calidad en la tabla incluye capacidad del proceso y valores de rendimiento en porcentaje. El análisis de estos informes suministra una base para seleccionar la ruta del proceso a seguir y tener un pronóstico de los rendimientos.

- Gráficas de control. Con el uso de las gráficas se establecen límites de control éstos se mantienen examinando muestras periódicamente, graficando los resultados; por la simple observación de las gráficas es posible darse cuenta si el proceso está fuera de control. Un estudio y un análisis de las gráficas nos determina las causas del alejamiento de los límites y con ello se pueden aplicar acciones correctivas antes de que se fabrique

producto defectuoso.

- Supervisión del trabajo. Es una técnica para decidir si son necesarios estudios subsecuentes para mejorar la productividad. Los estudios hechos antes y después de los trabajos se pueden usar para saber si se ha logrado una mejoría.

El uso de esta técnica conduce a normas mas eficientes de productividad.

Técnicas empleadas para llevar a efecto  
un plan de calidad.

Instrumentación de un plan de calidad.

- Uso permanente de manuales.
- Interpretación de gráficas, especificaciones y proyectos de calidad
- Disposición de material discrepante.

Uso permanente de manuales. Esto representa una técnica importante del control del proceso. Los manuales codifican y comunican los diversos detalles del proceso, tales procedimientos operativos y estándares de manufactura deberían de aparecer en los planos o especificaciones, pero muy a menudo no se encuentran escritas sino que se transmiten verbalmente y como toda comunicación verbal, los informes cambian cuando pasan de una boca a otra.

Manuales típicos son:

. Manuales de procedimiento en los procesos de calidad. Aquí se incluyen instrucciones, tales como, procedimientos para disposición de los materiales, instrucciones para llenar formas, para tener en regla los archivos, para la ejecución de inspecciones por medio de calibradores y procedimientos para hacer estudios de capacidad del proceso.

. Manuales de prácticas estándares en la planta. Se incluyen informes y definiciones de características del producto a fabricar, algunas veces son difíciles de poner por escrito, como las instrucciones de acabado, así es que se suplen con figuras, esquemas y muestras que ayuden a entender las instrucciones. Estos

manuales se transforman en material de referencia para juzgar el nivel de calidad y son útiles para adiestrar al personal.

Interpretación de gráficas, especificaciones y proyectos de calidad. Es conveniente enseñar a los operadores a interpretar gráficas, especificaciones y proyectos de calidad, organizando sesiones con grupos o bien individualmente. Una buena instrucción de los operarios es esencial para hacer bien las cosas desde un principio.

Disposición del material discrepante. Ocasionalmente cuando el producto no responde a las especificaciones, puede ser debido a problemas con el proveedor, a cambios de material, a errores en la producción, a fallas del equipo o a la variabilidad de los materiales empleados. Hay que tomar una decisión respecto a ellos que puede ser, usar el producto tal como está, reprocesarlo o descartarlo como desperdicio. Los procedimientos adoptados para disponer del producto marcan un camino para analizar los efectos en la discrepancia del producto. Del resultado de los análisis surge la disposición que se adopte, como segunda consecuencia surge la aplicación de medidas correctivas, el procedimiento consiste en los pasos siguientes:

1. Se reporta la discrepancia haciendo constar todos los datos de la inspección.
2. Se analiza el efecto que causa el defecto en la calidad del producto de salida.
3. Disposición que se recomienda.

## Auditoría de la Efectividad de la Calidad.

Para estimar la efectividad de un sistema de calidad se requiere de:

- Grado relativo de la calidad de los componentes de una organización y del personal de producción.
- Auditoría de procedimientos.
- Auditoría de productos.

La estimación por grados de la calidad del producto con relación a unidades o al personal de producción, constituye una técnica que permite observar las tendencias de la calidad del producto. Esta evaluación se obtiene tomando en consideración el desperdicio, el reproceso, el nivel de calidad de los envíos, el número de lotes rechazados y el exceso de costos, debidos a errores en la ejecución de los trabajos. Generalmente los cambios en la calidad son pequeños, cuando son ostensibles se debe a una degradación gradual del proceso, ya que son el resultado de una acumulación de efectos. Un índice numérico graficado cronológicamente indicará cuál es la tendencia en diferentes lapsos, de esta forma se está en condiciones de proceder antes de que se presente un problema serio.

La auditoría sobre los procedimientos, es un examen formal y una verificación detallada de los mismos, es una forma de cerciorarse de que los procedimientos contenidos en el plan han sido seguidos con fidelidad. La revisión es un examen detallado de una muestra representativa de los procedimientos. Cada revisión que se encuentre será registrada. En seguida se evalúan los deméritos para cada desviación de acuerdo con la importancia del procedimiento y el grado de desviación, con relación

a lo especificado en el procedimiento. Los resultados de la investigación se expresarán en un índice numérico, estos se marcarán en una gráfica donde se podrán apreciar las tendencias periódicas, correspondientes a las auditorías verificadas. Las auditorías dan una medida de la efectividad del plan de calidad, muestran además las áreas que requieren más atención y más vigilancia.

Auditoría de productos. Se verifica sobre una muestra relativamente pequeña, para beneficio del cliente y satisfacción de la compañía. Pueden ser pruebas de ambiente, de duración o vida y de confiabilidad. El objetivo no es el control de la calidad sino determinar la efectividad del sistema de control de la calidad. La auditoría puede ser al final de la línea, sobre el producto terminado y puede incluir un examen de partes en proceso. La elección depende del lugar más conveniente para evaluar las diferentes características del producto. En una auditoría cada aspecto del producto entra en consideración. se evalúan los deméritos, estos se concentran en un índice y se relacionan con una base de comparación, por ejemplo, a cierta cantidad de unidades del producto. Los reportes se analizan para identificar las áreas que necesiten nuevas investigaciones en diseño, en proceso, en métodos de control o algunos otros procedimientos. En los puntos en que el análisis lo dicte se aplicará la acción correctiva del caso.

### c) REGISTRO DE RESULTADOS.

Los registros de inspección, pruebas, certificados de materiales, de calificación de personal y procesos, deberán conservarse y estar disponibles para revisiones independientes.

Registros de calidad. Se deberá definir que registros se mantendrán durante intervalos de tiempo definidos para avalar las actividades que afecten la calidad, todos los registros deberán cumplir lo siguiente:

- . Ser completos, precisos y legibles y mostrando información pertinente, tal como identificación y cantidad de producto inspeccionado, fechas y procedimientos seguidos.
- . Ser graficable al producto, proceso, o período de producción.
- . Mostrar cantidad, tipo y severidad de las deficiencias encontradas.
- . Ser archivados de acuerdo a una política de retención, así como estar disponibles para revisiones independientes.
- . Ser analizados para proveer dirección para acciones correctivas e identificar tendencias de la calidad.
- . Debe contener evidencias técnicas de las actividades que fueron realizadas como certificados, reportes de inspección, pruebas, etc..

. Registros de auditoría. Los registros de auditoría, seguimientos, desviaciones y acciones correctivas deberán conservarse de acuerdo a una política de retención fijada por el fabricante.

#### d) INGENIERIA DE CAMPO.

Relaciones con los clientes. En la decisión del cliente no sólo influye la calidad del producto. sino también las condiciones de entrega y el precio. incluidos (1) el del producto y (2) la financiación de las ventas a plazos.

El fabricante de productos debe venderlos, un medio eficaz es crearse una buena reputación basada en un comportamiento anterior del producto que permita ver su idoneidad para el uso a que se destina. Además el fabricante hace propaganda de su producto entre el público consumidor, mediante publicidad. Así el mismo fabricante ayuda al comerciante y al vendedor a comerciar sus artículos: por medio de literatura informativa sobre el producto, muestras, expositores, medios auxiliares para la formación de los vendedores, etc.

#### Reclamaciones sobre la calidad.

Hay que dejar bien clara la diferencia entre reclamaciones formuladas en cuanto a la calidad y aquéllas que corresponden a otras razones. Muchas reclamaciones son debidas a facturas incorrectas, entregas con retraso, envíos de artículos no solicitados, etc.. En el siguiente trabajo la palabra reclamación se refiere exclusivamente a aquéllas relacionadas con la calidad.

. Reclamaciones no manifestadas. Muchas fallas de calidad no son expresadas como reclamaciones debido a lo siguiente:

1. Carencia de importancia. En los productos de bajo precio no se dan a conocer porque el costo de la reclamación es superior al valor del producto. Por la misma regla, los defectos que son menores incluso en productos de precio elevado no son expuestos porque puede ser mas fácil remediarlos por métodos propios que

hacer una reclamación.

2. Suposición de que se trata de un azar no de un problema. En algunos casos se toleran las fallas porque se supone que no se puede hacer nada por evitarlas. Cuando los usuarios no se perca tan de nada, la situación puede prolongarse hasta que se queje alguien. Un análisis de costos de calidad, localizará generalmente las fallas crónicas y dramatizará las grandes sumas que se encuentran en juego. Con lo cuál se tomaran acciones correctivas.

3. Desazón que produce toda tramitación. A la mayoría de la gente le molesta quejarse, y se pregunta si no se muestra demasiado exigente, no tolerando cierto grado de imperfección.

Las reclamaciones no manifestadas constituyen una amenaza para el fabricante, ya que éste desconoce el alcance real de la falla. Incluso puede considerar la falta de reclamación como una prueba de satisfacción del usuario. Para evitar este peligro las empresas deben de adoptar otro tipo de medidas positivas y asegurarse así un conocimiento correcto del rendimiento del producto.

. Reclamaciones evitables. Son numerosísimas, en el campo de los electrodomésticos, una tercera parte podría haberse evitado, si los usuarios hubiesen seguido las indicaciones del manual de uso. En el caso de algunos productos la proporción supera el 50%, tal es el caso de los acondicionadores de aire, que al probar de nuevo los componentes defectuosos se comprueba que están en buenas condiciones. Los casos anteriores no deben de constituir una reclamación, sin embargo lo son y pasan con las demás a ser analizadas para encontrar las razones comunes por

las que se repiten las causas.

Tramitación de las reclamaciones en las empresas, la falta de un enfoque organizado ha constituido un importante obstáculo para el establecimiento de unas buenas relaciones con los clientes.

. Programas de actuación. Cada reclamación sobre la calidad presentan diferentes problemas que requieren diferentes programas de actuación:

1. Satisfacer al reclamante.
  2. Impedir la repetición de reclamaciones aisladas. La práctica común es preguntar a quienes parecen ser los causantes que es lo que van a hacer para impedir que esto vuelva a repetirse.
  3. Identificar las reclamaciones vitales que necesiten estudios a profundidad, para descubrir sus causas y remediarlas. Es importante saber si la reclamación es aislada o suele ocurrir con frecuencia.
  4. Efectuar un análisis a profundidad para descubrir las causas básicas de la reclamación. De esta forma se mejora el producto y sólo se aplica a unas cuantas causas que son las responsables de la mayor parte de las fallas.
- . Como satisfacer al reclamante.
- a. Restablecimiento del servicio.
  - b. Compensar la queja. El reclamante ha sufrido una pérdida a causa de la falla y quiere ser compensado.
3. Restablecer la buena voluntad.

En empresas muy grandes el volumen de quejas y reclamaciones es alto, y se necesita un manual comercial para tramitarlas.

## COSTOS DE CALIDAD

Mediante un programa de costos de calidad es posible tener una medida global de las actividades de una empresa con respecto a la calidad. Por medio de los costos de calidad es posible:

- a. Analizar la actuación de la empresa y señalar las áreas más problemáticas en cada línea de productos.
- b. Programar la actividad del grupo dedicado a la calidad, para conseguir los mejores resultados.
- c. Presupuestar con una base real los trabajos requeridos en relación a la calidad.
- d. Preparar las estimaciones de los costos para cotizar nuevos productos.

Los costos de la calidad se distribuyen por conveniencia de análisis y de control en cuatro clasificaciones. Estas son:

1. Costos de Prevención.
  2. Costos de Evaluación.
  3. Costos de Fallas Internas.
  4. Costos de Fallas Externas.
1. Costo de Prevención:

Son todos los costos asociados (incluyendo personal) con el diseño, implementación, mantenimiento y mejoramiento del sistema de calidad. Es el costo de la prevención del error.

2. Costo de Evaluación:

Son los costos de las actividades formales para determinar el grado de conformancia (medición, evaluación o auditoría) de las materias primas, materiales auxiliares, procesos y productos.

semi o terminados. Estas actividades tienen el propósito de evitar que los productos defectuosos (que no debería de ocurrir) lleguen a los clientes. Es el costo de la detección y corrección del error.

### 3. Costos de Fallas Internas.

Son originados por materiales defectuosos y productos que no satisfacen las condiciones de calidad; abarcan desperdicios, reprocesos y desechos.

### 4. Costos de Fallas Externas.

Son causados por productos defectuosos que llegan a mano del consumidor. Estos incluyen quejas, reclamaciones, compensaciones, etc..

La base de un presupuesto de costos de calidad está en considerar las cuatro clasificaciones y sus tendencias generales y no en tratar de presupuestar cada elemento del costo. Se trata de establecer una meta de reducción de costos de calidad. La relación básica entre los cuatro segmentos del costo es que cada peso invertido en prevención y evaluación puede reducir sustancialmente los costos de las dos áreas de fallas. La reducción en las fallas externas traducida en menos quejas, tiene mayor interés para la empresa, ya que es determinante para su imagen ante los clientes.

Es necesario que exista una relación precisa entre los que controlan la calidad y quienes llevan la contabilidad para que se pueda producir el reporte de costos de calidad el cual es esencialmente un documento financiero que contiene además, un potencial útil para el análisis de los problemas que pudieran surgir en el proceso.

## Requisitos para el análisis de Costos de Calidad.

. Identificar los elementos vitales que contribuyen en el costo total de la calidad.

1. Analizar las gráficas estadísticas representando:

a) El elemento y la categoría del costo. Ver fig. (1).

b) La línea del producto, departamento u otros.

2. Utilizar el diagrama de pareto para separar los pocos vitales de los muchos triviales. Ver fig. (2).

3. Utilizar el análisis de tendencia (gráfica lineal) cuando existan suficientes datos en base a períodos de tiempo para:

a) Comparar los niveles de costos totales en períodos de tiempo equivalente. Ver fig. (3).

b) Distinguir entre niveles de calidad (ej. desperdicio, defectivos) crónicos (comunes al sistema) y esporádicos (causas especiales). Ver fig. (4).

. Analizar el impacto de los costos de calidad en las utilidades.

. Comparar los costos de calidad con otras compañías.

### Análisis de los Costos de Calidad

A. El objetivo principal del análisis de los costos de calidad es: La localización (identificación y confirmación) de las causas mas importantes de los Costos de Fallas para su corrección total.

Primero

Remedio Inmediato.

Segundo

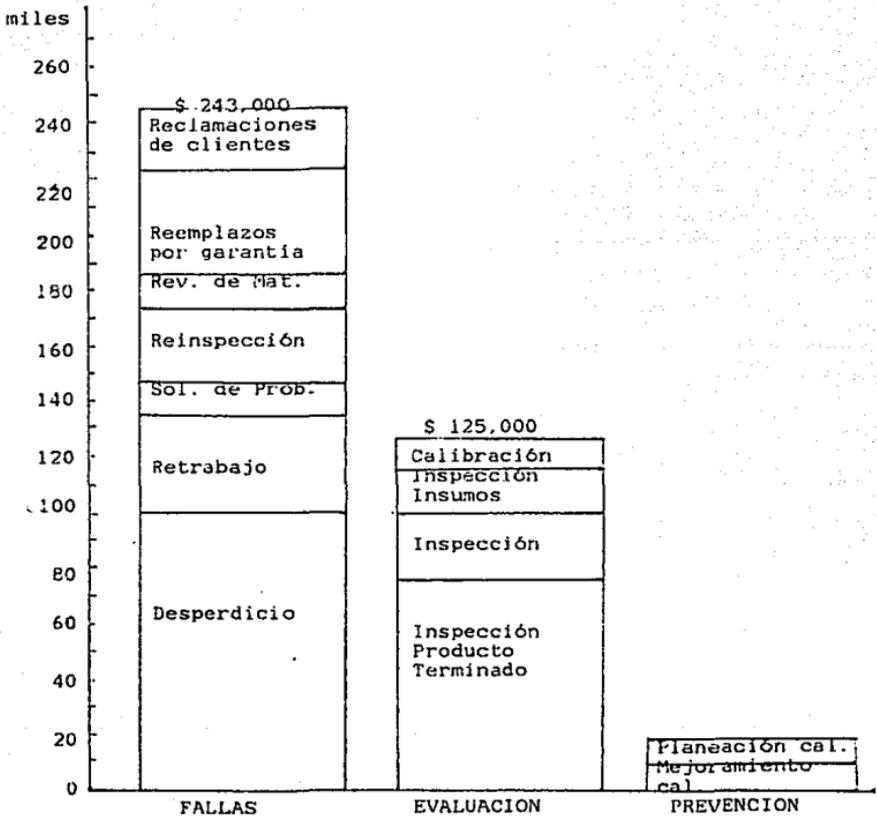
Prevenir Contra la Reocurrencia.

- Fig. 1 -

COSTO TOTAL DE CALIDAD ANUAL - \$ 386,000

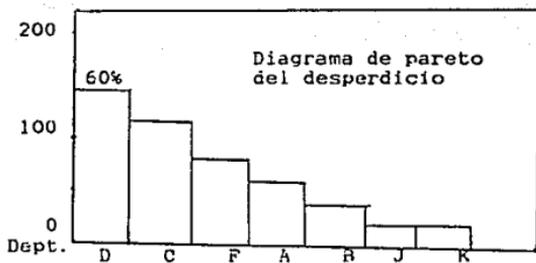
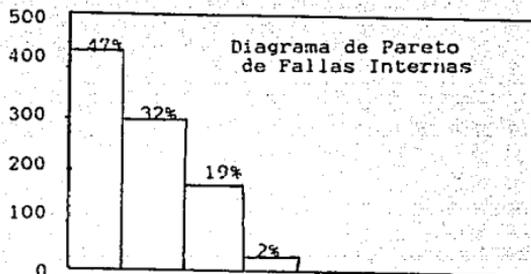
VENTAS TOTALES ANUAL - \$ 2.2 millones

$$\% = \frac{\text{costos de calidad}}{\text{ventas}} = 17.5 \%$$



COSTOS

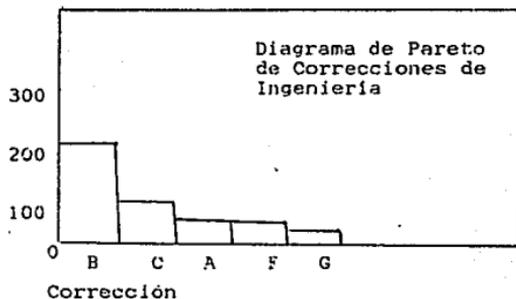
- Fig. 2 -



Objetivo realista y fácil de obtener:

Disminuir en 10% el desperdicio y correcciones de Ingeniería

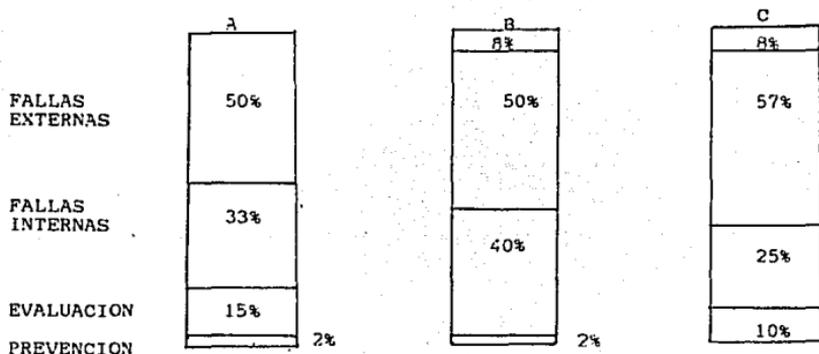
$$(450000 + 300000) \times 10\% = \$ 75,000.00$$



### Aplicación del Diagrama de Pareto en costos.

Los diagramas de Pareto nos permiten conocer la magnitud de los componentes más significativos de los costos y sus tendencias. Una vez tomadas las acciones correctivas para mejorar los costos debemos de hacer una evaluación de los efectos obtenidos, para saber si fueron los adecuados, se elabora un nuevo diagrama de Pareto para tomarlo como parámetro de comparación. De esta forma se identifica cuáles son los principales problemas que afectan alguna máquina, área, producto, elemento o proceso que va a ocasionar la elevación de los gastos de una empresa.

Por ejemplo en la siguiente figura:



Se tienen tres segmentos A, B y C, los cuales nos muestran lo siguiente:

En el segmento A, las proporciones del costo de calidad correspondiente a evaluación y prevención son bajas y fácilmente podemos deducir, que las tareas de calidad se están enfocando

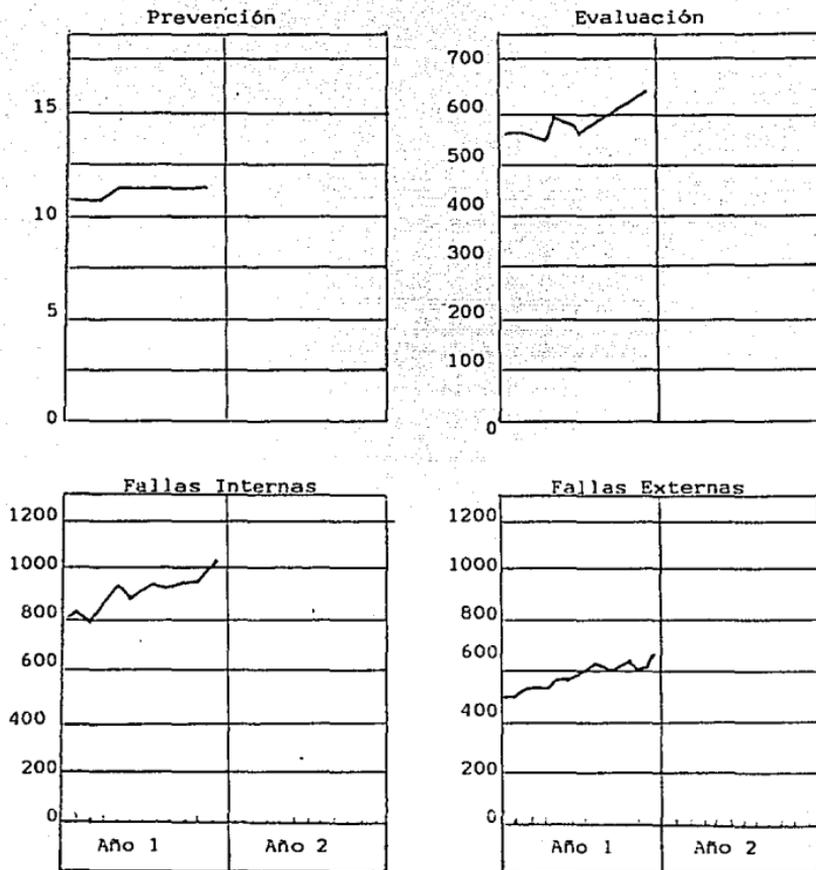
erroneamente, por la mayor cantidad de fallas externas, que nos van a ocasionar quejas de los clientes, como consecuencia nuestros costos se van a elevar. Para remediarlo debemos ampliar nuestra prevención.

En el segmento B, todo parece indicar que los bajos costos en la prevención nos van a causar altos costos de manufactura, porque los productos defectuosos se detectan y detienen antes de ser enviados a los clientes.

En el segmento C, aparentemente se aprecia un balance razonable, donde el área de prevención parece ser grande, esto puede traer como consecuencia un relajamiento que impida el establecimiento de un programa de calidad acorde con las necesidades de la empresa. Si se tiene un buen plan de calidad es necesario que se hagan auditorias para asegurarse de que los planes de calidad se sigan correctamente.

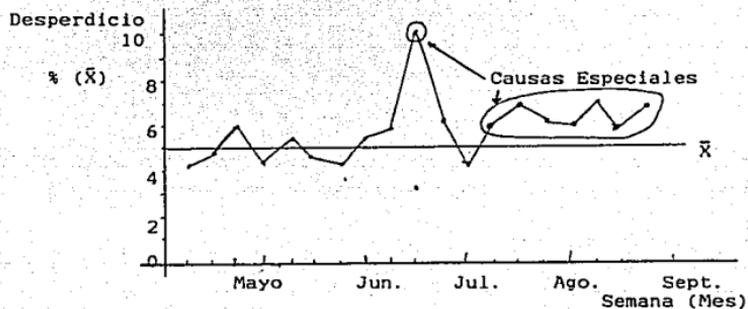
- Fig. 3 -

### COSTOS DE CALIDAD TOTAL

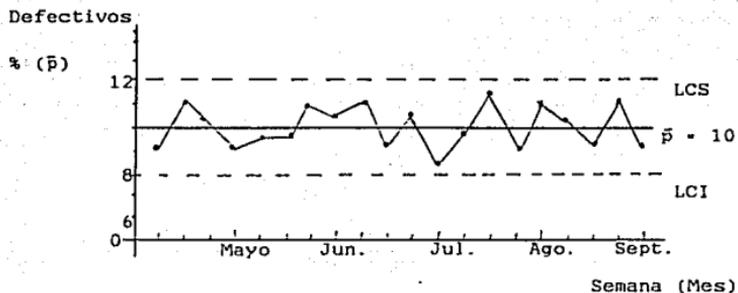


- Fig. 4 -

GRAFICA DE TENDENCIA - GRAFICA DE CONTROL



Gráfica de Línea de Tendencia para % de desperdicio por semana.



Gráfica de Control  $\bar{p}$  (Fracción Defectiva)

B. Utilizar la Metodología Estadística para Definir Protectos y efectuar un análisis lógico, sistemático y ordenado, que conduzca a soluciones efectivas.

a) Identificación del problema.

b) Análisis de problema. Situación actual, identificación y confirmación de causas.

c) Alternativas de solución y prueba de sus efectos.

d) Confirmación de la mejor alternativa y mantener su efecto.

C. Organizar:

1) Equipos de mejoramiento de la calidad.

2) Grupos de trabajo.

Todos los costos de las actividades relacionadas con la calidad se pueden distribuir de la siguiente forma:

#### COSTOS DE PREVENCIÓN

- Planeación de la calidad.

- Control del proceso.

- Planeación de la calidad por grupos ajenos a la compañía.

- Entrenamiento de la calidad.

- Revisión de diseños.

- Clasificación de productos.

- Verificación de dibujos.

- Evaluación de proveedores.

- Reuniones de análisis y decisión.

- Revisión de especificaciones.

- Apoyo a proveedores para desarrollar su sistema de calidad de acuerdo con los requisitos.

- Auditorías internas.

- Mantenimiento preventivo.
- Calibración de equipos e instrumentos.
- Compra de equipos de inspección y prueba.

#### COSTOS DE VALUACION

- Inspección en instalación de proveedores.
- Supervisión del sistema de calidad de proveedores aplicando éste a productos específicos.
- Inspección y pruebas de recepción.
- Inspección y pruebas de aceptación.
- Inspecciones y pruebas en proceso.
- Inspección de empaque.
- Elaboración de procedimientos de inspección y prueba.
- Materiales de inspección y prueba.
- Pruebas de campo.

#### COSTOS POR FALLAS INTERNAS

- Desperdicios.
- Retrabajo y reparación.
- Análisis de problemas y fallas.
- Repetición de inspecciones y pruebas.
- Retrabajo por desviaciones de los materiales.
- Rechazo por calificación o entrenamiento inadecuado.

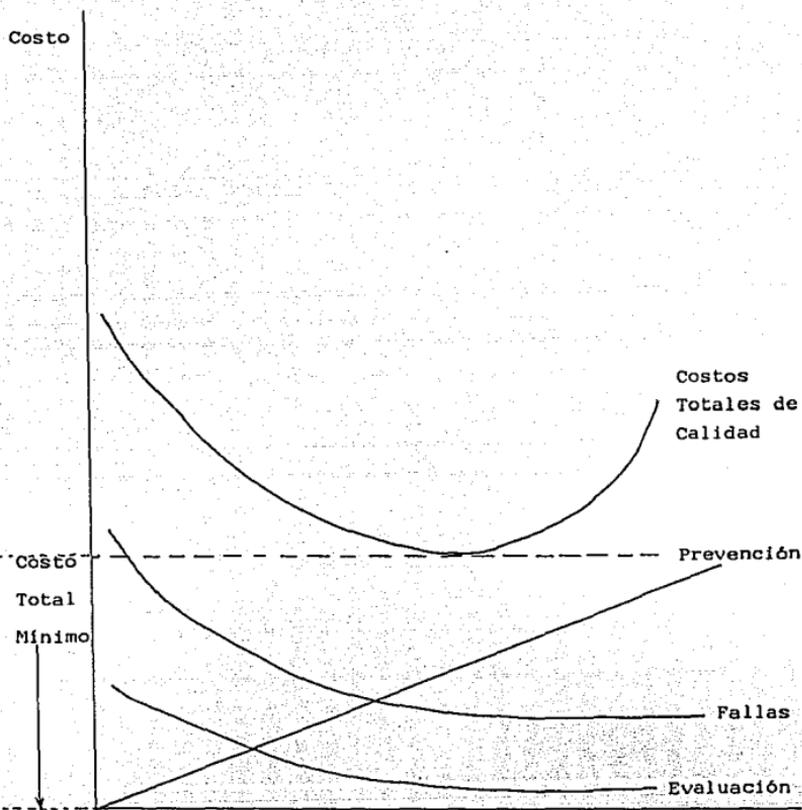
#### COSTOS POR FALLAS EXTERNAS

- Atención y consecuencias de las quejas.
- Servicio.
- Rechazo o devolución de partes embarcadas.
- Devolución de materiales.

- Aplicación de garantías y reposiciones.
- Errores de cotización.
- Errores de ingeniería.
- Errores de instalación.

La identificación y aplicación de estos costos de calidad en la práctica apoyados en base a estudios estadísticos, han llevado a la obtención de gráficas que dan idea del comportamiento de los costos y su repercusión en los beneficios obtenidos por la empresa; existen dos tipos de gráficas que son: relación entre costos de prevención, evaluación y fallas, y la curva de comparación entre beneficios y costos de la calidad. En la primera se observa como disminuyen los costos de fallas (internas y externas) y de valuación al incrementar los de prevención. En la segunda gráfica se debe buscar operar en el punto de equilibrio económico, ya que si se trabaja a la izquierda de ese punto se está trabajando con pérdidas y si se trabaja a la derecha del mismo los beneficios que se obtienen no son tan significativos para justificar los incrementos mayores en el costo, es decir, se tiene que tener bajo control el proceso y evaluar sus costos para estar ubicados en la zona de óptimos beneficios.

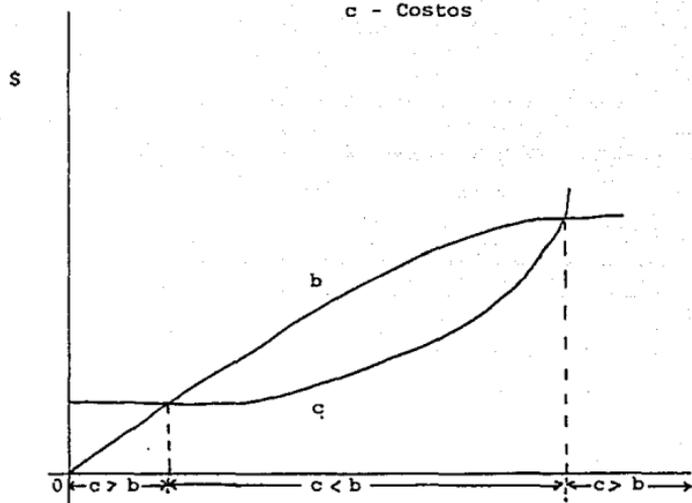
## Costos de Prevención, Evaluación y Fallas



# Curva de comparación entre Beneficios y Costos de la Calidad

b - Beneficios

c - Costos



## CONCLUSIONES.

En la actualidad los niveles de competencia internacional han cambiado la mentalidad de los consumidores, éstos ya no están dispuestos a aceptar, mano de obra defectuosa, material incorrecto, mantenimiento inadecuado, falta de confianza, errores en el manejo, demoras, errores en la toma de ordenes e irresponsabilidades. La organización que no esté a la altura del reto, sencillamente desaparecerá.

Toma tiempo construir hábitos de calidad en una organización se necesita instrucción y adiestramiento, ejemplo gerencial. El concepto debe traducirse en acción, en todos los niveles de la organización. La alta dirección debe involucrarse en el adiestramiento de los niveles de la gerencia media y ver que los mecanismos de recompensas (promociones y salarios) sean consistentes con dicho objetivo. Los trabajadores deben sentir que están verdaderamente asociados con la administración en la búsqueda de alta calidad.

La práctica de comprar lo mas barato es destructiva para la orientación hacia la alta calidad. Los agentes de compras deberían comprar con base a la calidad tanto como en el precio. A la calidad se le debe juzgar examinando las gráficas estadísticas de control de calidad, que deberían acompañar a cada adquisición. Dichas gráficas como se ha venido mencionando a lo largo del presente trabajo, muestran la variabilidad en los procesos de fabricación y consecuentemente indican la adecuación de los artículos producidos en relación con los procesos de producción a los que se destinan. Dicha información deberá ser la base de

las discusiones conjuntas, que incluyen al vendedor, al fabricante, al ingeniero de calidad, en búsqueda de oportunidades de mejoramiento. Un pequeño grupo de vendedores involucrados en un esfuerzo cooperativo de reducir costos y mejorar calidad es mejor que un enjambre de vendedores que sólo traten de reducir los costos sin ningún interés en el éxito del comprador.

Por otra parte, si los trabajadores creen que incrementar la calidad significa que los van a despedir, se resistirán a incrementar la productividad. La única forma de que el gerente logre asegurarse de la ayuda de los trabajadores, será formar una verdadera asociación con todos -trabajadores, supervisores, gerentes- Todos tienen la misma seguridad en el trabajo.

Durante la segunda Guerra Mundial los estadísticos seguidores de personas como Deming, Juran y Shewart, fueron los primeros en implantar los nuevos métodos de control. Los métodos introducidos por las personas mencionadas no eran sólo métodos de análisis estadísticos, sino una nueva forma de enfocar la operación de una fábrica. Cuando finalizó la guerra los mercados insaturables devoraban artículos de calidad inferior, con ello se perdió este nuevo enfoque fué entonces cuando Deming emigró al Japón allí demostro la bondad de su método. Deming desarrolló un concepto enteramente nuevo de administrar los sistemas de máquinas y personas. Para Deming un buen administrador es aquel que establece un sistema, dirige el trabajo a través de sus subordinados y a través de limar y aclarar las tareas, desarrolla una base para fijar normas de actuación para sus empleados. Fija metas y objetivos de planeación para su equipo de trabajo. Califica a sus empleados tan objetivamente como puede, en ocasiones

llamando a asesores para que lo auxilién en esta tarea. Identifica a los de mas baja actuación y les proporciona entrenamiento para que alcancen las normas de trabajo o simplemente los reemplaza. Consecuentemente espera crear el sistema mas eficiente que sea posible.

El doctor W. Edwards Deming creó un sistema de 14 puntos que se aplican en todas partes a organizaciones grandes o pequeñas, a empresas de servicio o a las de transformación. Se aplican también a un división de una organización.

1. Crear constancia en el propósito de mejorar el producto y el servicio, con la meta de llegar a ser competitivos, permanecer en el campo de los negocios y crear empleos.

2. Adoptar la nueva filosofía. Estamos en una nueva etapa económica, no podemos vivir mas tiempo con los comúnmente aceptados niveles de demoras, errores, material defectuoso y mano de obra deficiente.

3. Terminar con la dependencia de inspección en masa. Se requiere en su lugar, la evidencia estadística en la cual, la calidad se haya cimentada.

4. Terminar con la práctica de hacer negocios con base en el precio de venta. En lugar de esto minimice el costo total.

5. Es tarea de los administradores, trabajar continuamente sobre el Sistema (Diseño, Suministro de Materiales, Composición del Material, Mantenimiento, Mejora de Máquinas, entrenamiento, supervisión, reentrenamiento).

6. Instituir Métodos de entrenamiento en el trabajo.
7. Instituir la supervisión. La meta de la supervisión debe ser la de ayudar a las personas, máquinas y accesorios para desempeñar un trabajo mejor. La supervisión de los directivos, así como la de los trabajadores de producción requiere una revisión a fondo.
8. Eliminar el miedo. De modo que todos puedan trabajar efectivamente para la empresa.
9. Romper las barreras entre departamentos. Las personas empleadas en investigación, diseño, ventas y producción, deben trabajar en equipo para prever problemas en la producción y en la utilización del producto o en la impartición del servicio.
10. Eliminar lemas, exhortaciones y metas impuestas a los trabajadores, pidiéndoles "cero defectos" o nuevos niveles de productividad. Tales exhortaciones sólo crean actitudes de animosidad, puesto que la mayor parte de las causas de la baja calidad y baja productividad son parte del sistema y están, por lo tanto, fuera del dominio del trabajador.
11. Elimine estándares de trabajo que prescriben cuotas numéricas diarias. Sustituyalas por una supervisión de ayuda y servicio.
12. Elimine las barreras que le roban al trabajador el derecho de sentirse orgulloso de su trabajo. La responsabilidad de los supervisores debe cambiarse de un enfoque numérico a uno de calidad.

Elimine las barreras que le roban a los directivos e ingenieros el derecho a sentirse orgullosos de su trabajo. Esto significa, entre otras cosas, abolir la evaluación del desempeño y la administración por objetivos.

13. Instituir un programa vigoroso de educación y readiestramiento.

14. Asignar a todo el personal de la empresa la tarea de conseguir la transformación descrita, la cual es tarea de todos.

## BIBLIOGRAFIA

### CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD

A. V. FEIGENBAUM

ED. CECSA.

### MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD

J. M. JURAN

FRANK M. GRINA JR

R. S. BINHAM JR

### COSTOS DE CALIDAD

A. CONDE LOPEZ

ED. LIMUSA

### LA NUEVA COMPETENCIA

KOTLER

ED. NORMA

### QUE ES EL CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD

ISHIKAWA

ED. NORMA

### GERENCIA JAPONESA Y CIRCULOS DE PARTICIPACION

OGLIASTRI

ED. NORMA

COMO ADMINISTRAR CON EL METODO DEMING

WALTON

ED. NORMA

LA CALIDAD NO CUESTA

CROSBY

ED. CECSA

GESTION EN SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD

MARROQUIN

ED. CECSA

CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD

E. L. GRANT

R. S. LEAVENWORTH

ED. CECSA

QUALITY PLANNING AND ANALYSIS: FROM PRODUC

DEVELOPMENT THROUGH USE

J. M. JURAN

F. M. GRYNA

ED. MCGROW-HILL

QUALITY CIRCLES

J. MORLAND

ED. INDUSTRIAL SOCIETY

QUALITY CONTROL: A PRACTICAL APPROACH

D.H. BESTERFIELD

ED. PRENTICE-HALL

INDUSTRIAL QUALITY CONTROL

H. C. CHARBONNEAU

G.L. WEBSTER

ED. PRENTICE-HALL

QUALITY-PRODUCTIVITY CONNECTION: IN-SERVICE

SECTOR MANAGEMENT

J. SHAW

ED. VAN NOSTRAND REINHOLD