



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

MANUAL DE CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO PARA OPERADORES DE MANUFACTURA Y LLENADO.

INFORME DE LA PRACTICA PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA:
MARTIN CARLOS URIBE AGUILAR



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA.



MEXICO, D. F.

2004



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 esta 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.

Jurado asignado:

Presidente Prof. Eduardo Rojo y de Regil.
Vocal Prof. Federico Galdeano Bienzobas
Secretario Prof. Norma Trinidad González Monzon.
1er sup. Prof. Marco Antonio Esquivel Pichardo.
2do sup. Prof. Luis Padilla Fuentes.

**Sitio en donde se desarrollo el tema:
Colgate Palmolive S.A de C.V.**

Asesor del tema



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Federico Galdeano Bienzobas', written over a horizontal line.

Ing. Federico Galdeano Bienzobas

Sustentante



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martín Carlos Uribe Aguilar', written over a horizontal line.

Martín Carlos Uribe Aguilar

INDICE

	Página
INTRODUCCION	4
I.- PRINCIPIO DE CALIDAD	6
II. GENERALIDADES	9
III. INTRODUCCION A LA GRÁFICA DE CONTROL	28
IV. IMPLANTACIÓN	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	61

INTRODUCCIÓN

A través de la historia el concepto de calidad es cada vez más variable y se suman nuevos términos para poder evaluarla, por ejemplo (Análisis de Valor, Productividad, Control Estadístico del Proceso, Control Total de Calidad, Prevención o Detección. Esto es debido a la gran gama de necesidades humanas que tenemos que cubrir, desde las más elementales o de subsistencia, hasta aquellas que son originadas por el lujo o el confort, tales como la nutrición, la comunicación, la vivienda, la seguridad y el descanso, son algunas de las necesidades que el hombre desea satisfacer adecuadamente.

Siendo que el hombre actual se vuelve más exigente cada día, es necesario enfrentar este reto con mayor responsabilidad y constancia, con lo que este trabajo escrito propone la implantación de Gráficas de Control con la finalidad de obtener productos de mejor calidad aplicable a cualquier planta de proceso.

La importancia del control estadístico del proceso , es contar con un sistema de trabajo en donde se logre tener confianza en cualquier pieza elaborada, o bien cubrir los estándares de proceso en planta, evitando con ello la inspección masiva, reduciendo los costos ocultos de calidad, aumentando la productividad y teniendo clientes más satisfechos.

El objetivo de este trabajo es demostrar que al utilizar de una manera correcta las herramientas del control estadístico de proceso , se lograra conseguir productos con una calidad constante , que benefician directamente al consumidor al poder cubrir con las especificaciones y al productor generando ahorros al contar con un proceso preventivo antes que correctivo.

Esta metodología fue verificada en una planta de llenado y manufactura de shampoos , aunque puede ser utilizada indistintamente en cualquier proceso productivo .

En el interior de este trabajo se podrán observar los resultados antes y después de aplicar estas herramientas .

Cabe mencionar que este trabajo está dirigido para el beneficio de la mediana y pequeña industria, mostrando de una manera sencilla, las bondades de este método estadístico, sin la necesidad de realizar una inversión cuantiosa o el de no poder contar con una gran infraestructura.

CAPITULO I.

PRINCIPIOS DE CALIDAD

Durante muchos años, hemos estado acostumbrados a recibir y tolerar los defectos en productos hechos sin control, en un mercado de vendedores. Actualmente el mercado gira rápidamente y los clientes, cada vez son más exigentes y la oportunidad de elección más grande. Con lo que muchas empresas están dándose cuenta que tienen que hacer las cosas de manera diferente para poder sobrevivir en el mercado actual.

Esta nueva búsqueda ha llevado a las empresas occidentales a averiguar el éxito de las compañías orientales, y la forma en que lo fueron logrando, después de haber sido esta parte del mundo la más afectada durante la segunda guerra mundial, y no obstante las condiciones que prevalecían en ese continente.

El nuevo enfoque hacia la calidad tiene muchas denominaciones. En Japón se le conoce como "Control Total de la Calidad", aunque algunas de las firmas japonesas prefieren llamarlo Control de Calidad en toda la organización.

En los Estados Unidos estas denominaciones no resultan apropiadas por dos razones. En primer lugar "Control de Calidad" se ha utilizado para nombrar a la "Inspección para la Calidad", que el Control Total de Calidad trata de eliminar. En segundo lugar la palabra "Control" da hasta cierto punto una idea de autoritarismo hacia la implementación de la Calidad, algo que también es contrario al espíritu del Control Total de la Calidad. En sí el nuevo movimiento es un enfoque total y preventivo, una nueva manera de vivir cada aspecto dentro de la organización.

Pensando que el título que se adopte es lo menos relevante, es importante saber como involucrar a todos los empleados de la organización en la satisfacción del cliente y como colocar a la calidad dentro de cada sistema de cualquier organización.

Se sabe que los principales problemas a los que una organización se enfrenta, para poder establecer un sistema de trabajo diferente, es la falta de seguimiento y la resistencia al cambio por cada miembro de la organización.

El concepto de cultura en una compañía es sumamente complejo y frágil. En general la cultura se refiere a las experiencias cotidianas de la masa de empleados.

Mientras un gerente ó los altos directivos no puedan de manera honesta contestar las siguientes preguntas ¿Cómo sienten los empleados realmente su trabajo?, ¿Qué hace que los empleados se enorgullezcan de su trabajo y de sus grupos de trabajo?, ¿Se sienten valorizados y merecedores de la confianza de la compañía? No podrán ni siquiera intentar un cambio en el sistema.

De hecho la posibilidad de eliminar errores y faltas descansa principalmente en el mejoramiento de los sistemas a través de los cuáles se está realizando el trabajo, y no en cambiar a los trabajadores.

Por ejemplo, un trabajador de línea no podrá hacer un trabajo de alta calidad utilizando herramientas con partes defectuosas; una enfermera no podrá hacer un buen trabajo usando guantes que no le queden o que ya utilizó con anterioridad.

Aún en la situación de un trabajador haciendo algo mal, con frecuencia el problema se genera en la forma en que el trabajador fue capacitado lo cual viene a ser un problema de sistema.

Por mucho una vez que la gente de alta dirección reconozca que los sistemas generan la mayor cantidad de problemas, ellos dejarán de culpar a los trabajadores. En su lugar se preguntarán cuál es el sistema que requiere ayuda u mejora y además serán más apta para buscar y encontrar el origen del problema.

Esto es, para poder avanzar es necesario corregir la falla que impida el despegue al cambio, a veces un departamento o un conjunto de ellos o bien esto puede ser tan sencillo como que una persona de alta jerarquía no convencida, sea la razón fundamental por la que éste cambio no se pueda dar.

Mientras que para muchos éste inicio, tiene la complejidad enorme, para otras corporaciones la complejidad estriba en dar un valor agregado a su producto o servicio.

Se deberán aprender nuevas habilidades y enfoques para estabilizar y mejorar los procesos. Deberán comprender lo que es la variación y saber como utilizar los datos de manera efectiva. Cuando los altos directivos sientan éstos conceptos en lo más profundo de su ser la calidad empezará a funcionar.

CAPITULO II.

GENERALIDADES

HERRAMIENTAS DEL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO

HOJA DE VERIFICACIÓN.

- Herramienta para recolectar datos.
- Formato lógico. Análisis eficiente y fácil.

Para que sirva la hoja de verificación?

- Proporciona un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis.
- Proporciona registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo.
- Facilita el inicio del pensamiento estadístico.
- Ayuda a traducir las opiniones en hechos y datos.

TIPOS DE HOJAS DE VERIFICACIÓN

1. - Registro de datos
2. - Lista de verificación

HOJA DE VERIFICACIÓN POR PASOS.

1. - Defina el propósito de la recolección de datos.
2. - Decida como recolectar los datos
3. - Estime el total de datos que serán recolectados
4. - Diseñe el formato, haga un borrador.
5. - Elabore el formato, verifique si satisface los objetivos.

HOJA DE VERIFICACIÓN PARA REGISTRO DE DATOS.

DATOS POR VARIABLES.

La recolección de datos implica, en ocasiones, reunir datos acerca de variables. Estos datos estarán mejor representados al organizar las mediciones en una Hoja de verificación de variables.

EJEMPLO

En el llenado de todas las presentaciones de shampoo, se verifica el peso durante el proceso, 4 piezas cada 15 minutos.

Diseñe una hoja de chequeo para controlar el llenado de un lote de la presentación de 900 ml , el peso correspondiente a esta presentación es de 909 g y la tolerancia establecida para el llenado es de 30 grs.

PLANTA DE LLENADO DE SHAMPOO.

Fecha: 15-nov-2002 Lote: 34

PESO (g)	CONTEO	TOTAL
924		
922	II	2
920	II	2
918	II	2
916	IIII IIII	10
914	IIII IIII IIII I	16
912	IIII IIII IIII IIII IIII	24
910	IIII IIII IIII IIII	20
908	IIII IIII IIII I	16
906	IIII IIII	10
904	IIII IIII IIII	14
902	IIII IIII	10
900	II	2
898		
896		

total 128

DATOS POR ATRIBUTOS.

La recolección de datos también puede presentarse por atributos. Puesto que hay muchas causas posibles para cualquier defecto, la manera lógica de recolectar los datos, es determinar el número de productos o servicios no conformes según una lista de causas.

EJEMPLO

La hoja de verificación (o de chequeo) que aparece a continuación fue diseñada por el equipo de Ventas para registrar los errores que causan notas de crédito por mercancía no pedida:

CAUSA	CONTEO	TOTAL
Error del transportista	IIII IIII III	13
Error en la identificación del producto	IIII III	8
Error del vendedor en formato	IIII	5
Error de digitación	IIII	4
Errores de comunicación en el cliente	III	3

LISTA DE VERIFICACIÓN.

Se utiliza para evitar la omisión de pasos en procedimientos largos o para asegurar que está completa una lista de elementos.

EJEMPLO

La siguiente lista de verificación permite asegurar la preparación de los aspectos logísticos de un evento de capacitación. ¹

CAPACITACIÓN – LISTA DE VERIFICACIÓN PARA PREPARACIÓN DE EVENTOS.

Retropoyector		Lista de participación	
Televisor		Lápices	
Equipo de vídeo		Ejercicios	
Papelógrafo		Material participante	
Marcadores papel		Solicitud refrigerios	
Marcadores acetatos		Solicitud salón	
Invitaciones		Proyector acetatos	

LECTURA Y USO DE LA HOJA DE VERIFICACIÓN.

1. - Visualice toda la hoja.
 - Observación de los datos.
 - Tendencia
 - Cambios periódicos en los datos.
2. -Enlace la hoja con las otras Herramientas básicas.
3. - Las Hojas deben cumplir con el objetivo que se definió para su uso.
4. - Diseñe la hoja tan simple como sea posible y documéntela.
5. - Realice las acciones correctivas tan pronto como sea posible.

¹ HERNANDEZ David .” Manual de Control Estadístico del Proceso para Usuarios “. Tecnología de Calidad .2000.

DIAGRAMA DE PARETO

¿Que es?

Es un gráfico de barras que presenta en forma ordenada el grado de importancia de problemas o factores de un problema, y, por tanto, ayuda a determinar prioridades.

Regla del 80 – 20.

Aproximadamente el 80 % de un valor o de un costo se debe al 20 % de los elementos causantes de éste.

El 80 % del valor de los inventarios se debe al 20 % de los materiales.

El 80 % de los errores en un proceso se debe al 20 % de los tipos de errores identificados.

El 80 % de las ventas se debe al 20 % de los clientes.

¿Para que sirve el diagrama de pareto .?

- Ayuda a identificar las causas vitales o ese 20 % que produce el 80 % de todo el problema. Si tomamos acciones correctivas se resolverá la mayor parte del problema.
- Ayuda a priorizar
- Permite la comparación antes / después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- Promueve el trabajo en equipo.

DIAGRAMA DE PARETO POR PASOS.

1. - IDENTIFIQUE el problema o área.
2. - ELABORE la lista de factores incidentes.
3. - CONSTRUYA la hoja de verificación.
4. - RECOLECTE los datos y estime el tiempo.
5. - ORDENE los datos de la hoja.
6. - OBTENGA el porcentaje de pasos.
7. - CALCULE el porcentaje acumulado.
8. - ELABORA la tabla.
9. - CONSTRUYA el diagrama de pareto.

EJEMPLO

Paso 1

Problema a analizar: Defectos en el empaque de shampoo de 1000 ml

Paso 2

De acuerdo con la experiencia del personal del área, se han establecido los siguientes defectos en el empaque de shampoo 1 lt.

Etiqueta descentrada

Etiqueta arrugada

Botella sucia

Botella colapsada

Botella sin código

Botella derramada

Tapa floja

Pasos 3 y 4

Los datos se recolectarán en la inspección de una muestra de 10 unidades, tomadas cada hora, en los tres turnos de producción. El análisis se efectuará sobre los resultados de cada mes.

Proceso de llenado de shampoos 1 lt. Fecha : Consolidado de Mayo

No.	DEFECTO	FRECUENCIA	TOTAL
1	Etiqueta descentrada	IIII IIII	10
2	Etiqueta arrugada	IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII II	42
3	Botella sucia	IIII IIII IIII IIII IIII IIII I	31
4	Botella colapsada	IIII IIII IIII IIII	19
5	Botella derramada	IIII II	7
6	Tapa floja	IIII	5
7	Botella sin código	II	2

Paso 5

Frecuencia de aparición de los defectos en forma decreciente.

No.	DEFECTO	FRECUENCIA
2	Etiqueta arrugada	42
3	Botella sucia	31
4	Botella colapsada	19
1	Etiqueta descentrada	10
5	Botella derramada	7
6	Tapa floja	5
7	Botella sin código	2
		TOTAL 116

DEFECTO NÚMERO	NÚMERO DE DEFECTOS	PORCENTAJE RELATIVO	% RELATIVO ACUMULADO
2	42	36.2	36.2
3	31	26.7	62.9
4	19	16.4	79.3
1	10	8.6	87.9
5	7	6	93.9
6	5	4.3	98.2
7	2	1.7	100

Ejemplo para el defecto número 2:

de defectos = 42; Total de defectos = 116, % relativo $42 / 116 * 100 = 36.2 \%$,

% relativo acumulado, para el defecto # 3 = $36.2 + 26.7 = 62.9 \%$,...y así sucesivamente.

PLANTA SHAMPOOS

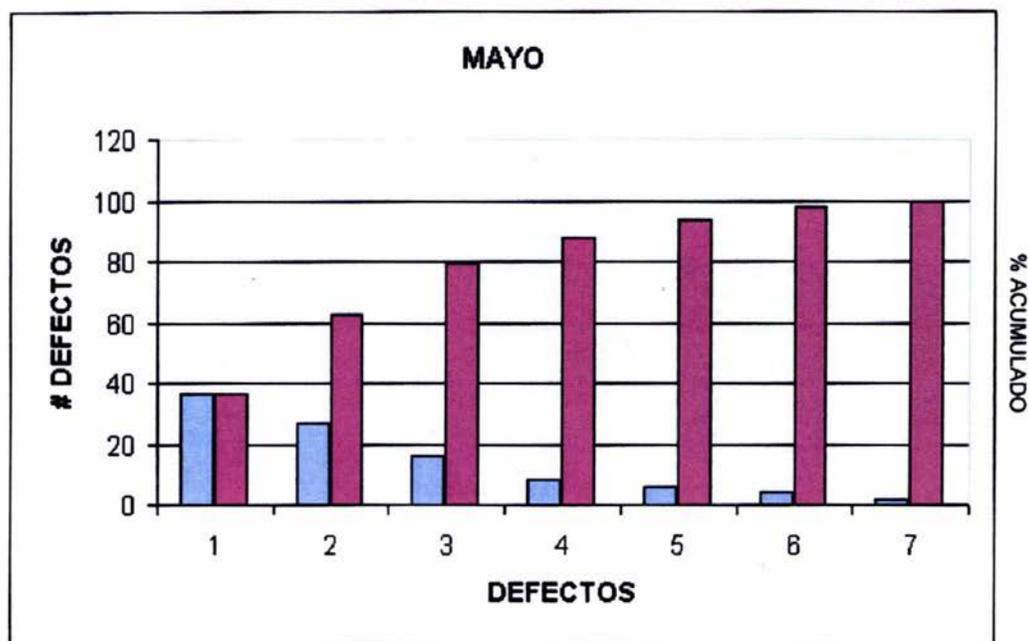


DIAGRAMA CAUSA - EFECTO

¿Que es?

Es un diagrama que muestra la relación sistemática entre un efecto y sus causas. Una vez que el efecto es definido, se identifican los factores que contribuyen a él (causas) .

CAUSA (S) ----- EFECTO

¿Para que sirve el diagrama CAUSA – EFECTO?

- Favorece el intercambio de técnicas y experiencias entre los miembros del grupo de trabajo.
- El diagrama puede ser utilizado para el análisis de cualquier problema .
- Ayuda también a determinar el tipo de datos a obtener .
- El diagrama se puede emplear para prevenir problemas , pues proporciona una visión de conjunto .
- El diagrama Causa – Efecto muestra la habilidad profesional que posee el personal encargado del proceso.

DIAGRAMA CAUSA EFECTO POR PASOS.

1. - DEFINA el efecto.
2. - IDENTIFIQUE las causas.
3. - VERIFIQUE las causas
4. - DEJE pasar el tiempo.
5. - REMARQUE las de más impacto.
6. - VERIFIQUE las causas probables.

Lluvia de ideas

Sugerencias

- Debe alentarse la participación de todos y cada uno de los participantes.
- No se hará ninguna crítica a alguna sugerencia. Abstenerse de juzgar entre lo bueno y lo malo.
- Las sugerencias no deben limitarse al área personal de trabajo.
- Puede ser útil un periodo de observación entre el tiempo en que el diagrama es propuesto y el tiempo en que es terminado.
- Los participantes deben concentrarse en el análisis de un problema y no entretenerse en justificar la aparición del problema.

TIPOS DE DIAGRAMA CAUSA - EFECTO.

- Análisis de variabilidad
- Análisis del proceso por etapas.

¿Cómo se hace ?

1. - Análisis de variabilidad

El diagrama de Causa – Efecto básico es el utilizado para analizar la variabilidad o dispersión de una característica de calidad.

Paso 1

Define el efecto. El efecto debe ser definido de un modo claro.

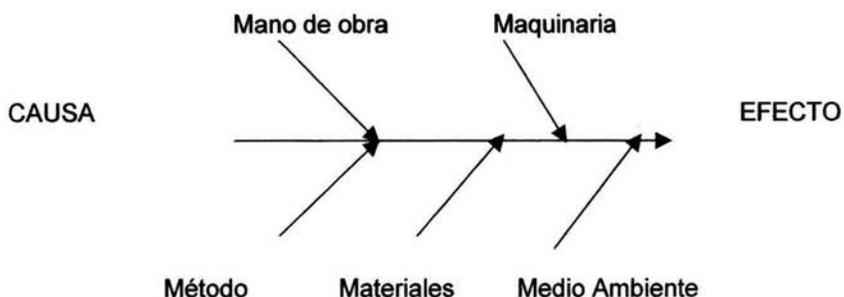
Paso 4

Deje pasar un tiempo para ponderar las causas antes de evaluarlas. Algunas de las cuestiones a considerar en este momento son las siguientes.

- ¿Es esta causa una variable o un atributo?
- ¿Ha sido la causa definida operacionalmente?
- ¿Existe una gráfica de control o un registro para esta causa ?
- ¿Interactúa esta causa con las otras ?

Paso 2

Identifique las causas mayores y subcausas.



Paso 3

Verifique las causas probables. Las causas más probables deben ser analizadas, recolectando datos para ver si el impacto sobre el problema es significativo.

Paso 4

Deje pasar el tiempo.

Paso 5

Remarque aquellas que se considere tienen más impacto sobre el problema.

Paso 6

Verifique las causas probables.

Cada una de las causas potenciales identificadas pueden ser potencialmente examinadas de un modo más detallado preguntando para cada una de ellas lo siguiente:

¿Quién? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Por qué?

HISTOGRAMA

¿Qué es?

Es un diagrama que muestra la distribución de frecuencia de un grupo de datos.

¿Para qué sirve el histograma?

Forma en que se distribuyen

- Tendencia hacia algún valor central.
- Variabilidad o dispersión.

Así tenemos procesos de variabilidad pequeña o grande y sesgos hacia la derecha o hacia la izquierda.

Historia de pasos.

1. - RANGO determinar su valor.
2. - DATOS determinen su número.
3. - AMPLITUD determine la de cada clase.
4. - LÍMITES establezcan el superior e inferior de cada clase.
5. - PUNTO MEDIO calcule el de cada clase.
6. - FRECUENCIAS elaboren la tabla.
7. - HISTOGRAMA elabórela con la tabla.

HISTOGRAMA.

Ejemplo

Se desea analizar el peso de la botella de 500 gr de Shampoos, en la línea 10, para ello se ha procedido a tomar cada media hora el peso de 8 botellas. Los datos en gramos son:

504	507	506	503	506	505	512	511
485	496	547	491	489	491	499	501
515	499	503	517	498	513	512	499
502	498	499	493	501	498	495	496
501	509	510	501	506	506	508	507
517	500	490	500	479	520	503	490
506	503	511	510	509	499	505	498
531	540	533	537	533	535	534	531
507	504	504	500	511	510	497	503
532	538	522	520	524	524	547	526

Paso 1

Obtención del rango (R) de los datos.

$$R = (\text{Valor mayor} - \text{Valor menor})$$

$$R = 547 - 479 = 68$$

Paso 2

Determinación del número de clases.

$$n = 80 ; \text{ donde } n = \text{Total de datos} .$$

No. De subgrupos = raíz cuadrada de n , aproximadamente 9 .

Según la tabla (2) , lo apropiado es escoger una K entre 6 a 10 , subgrupos o clases .

Paso3

Determinación de la Amplitud (A) .

$$A = R / K ; \text{ sustituyendo ,}$$

$$A = 68 / 9 = 7.5 \text{ aproximando } 8 .$$

Paso 4

Determinación de los límites de cada clase :

Intervalos	Frontera inferior	Frontera superior
1	X^*	X^*+A
2	X^*+A	X^*+2A
3	X^*+2A	X^*+3A
r	$X^*+(r-1) A$	X^*+rA

Paso 5

Hallar la marca de clase (X_i)

$$X_i = \frac{\text{Frontera inferior} + \text{Frontera superior}}{2}$$

Paso 6 y 7

Elaborar tabla de frecuencia.

CLASE	LÍMITES	MARCA DE CLASE	FRECUENCIA ABSOLUTA
1	478.5 - 486.5	482.5	2
2	486.5 - 494.5	490.5	6
3	494.5 - 502.5	498.5	21
4	502.5 - 510.5	506.5	25
5	510.5 - 518.5	514.5	9
6	518.5 - 526.5	522.5	6
7	526.5 - 534.5	530.5	5
8	534.5 - 542.5	538.5	4
9	542.5 - 550.5	546.5	2

80

LIMITACIONES DEL HISTOGRAMA

- Muestra historia, es estático , no tiene en cuenta el paso del tiempo.
- Se necesita un número considerable de datos (mayor a 50).
- No se puede distinguir entre las dos causas que tiene un proceso (comunes y especiales).
- Resulta incapaz de mostrar si el proceso tiene algún comportamiento anormal.

ESTRATIFICACIÓN

¿Que es?

La estratificación es la clasificación de un conjunto de datos en varios grupos, de acuerdo con una o varias características específicas que los datos presenten entre sí.

PARA QUE SIRVA LA ESTRATIFICACIÓN

- Ayuda a analizar con mayor detalle casos en donde los datos provienen de varias fuentes, pero solamente son tratados como números.
- La estratificación permite subdividir valores en categorías o clasificaciones significativas para concentrarse en la acción correctiva.
- Estratificando un grupo de datos, se organizan de forma que se pueden visualizar y calcular los promedios. La dispersión y otros indicadores de los estratos individuales. Además permite hacer comparaciones con la población total y analizar la influencia de cada estrato sobre esta.
- La estratificación se representa de diferentes maneras, según la utilización que se le dé, así, por ejemplo pueden estratificarse Histogramas, Diagramas de Pareto, Causa –Efecto y Diagramas de Dispersión.

ESTRATIFICACIÓN POR PASOS.

1. - DEFINIR población y herramientas
2. - GRAFICAR la información
3. - DEFINIR causas o características.
4. - AGRUPAR por causas o características
5. - GRAFICAR los datos independientemente
- 6.- COMPARAR cada uno con la información total.

¿Cómo se hace la Estratificación ?

Paso 1

Definir la población analizar y la herramienta estadística a utilizar.

Paso 2

Graficar la información total con la herramienta elegida.

Paso 3

Definir las causas o características específicas en las que se puede dividir la información.

Paso 4

Agrupar los datos correspondientes a cada una de las características definidas.

Paso 5

Graficar los datos de cada clasificación independientemente, con la misma herramienta utilizada para la información total.

Paso 6

Comparar los gráficos de cada clasificación con la información total y las clasificaciones entre sí, para analizar las diferencias.

De esta comparación puede deducirse si la variación total se debe a la influencia de las clasificaciones.

USO DE LA ESTRATIFICACIÓN

La estratificación se hace generalmente según el concepto 5M (Máquina, Método, Material, Medio Ambiente, Mano de obra), y los estratos a utilizar dependerán de la situación analizada.

a) Máquina / Equipo:

Modelo, Automática- Semiautomática, etcétera.

b) Método :

Procedimiento 1, Procedimiento 2,

c) Materia Prima / Producto:

Proveedor A, B, C, ..comparación de materiales etc.

d) Medio Ambiente :

Condiciones ambientales, entorno económico, ecológico, etcétera.

e) Mano de obra:

Capacitado / No capacitado, experiencia, edad, sexo, etcétera.

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN

¿Que es?

Es un diagrama que establece la relación existente entre dos variables.

Por ejemplo, cuando un diagrama de espina de pescado se desea conocer qué relación hay entre causa y efecto.

El resultado del análisis puede referirse a dos conjuntos de datos que:

- Uno sea una característica de calidad y otro un factor que incide en ella.
- Dos características de calidad relacionadas entre sí, o
- Dos factores relacionados con una característica de calidad .

¿Para qué sirve el diagrama de dispersión?

- Proporciona la posibilidad de reconocer la relación Causa – Efecto.
- Indica si dos variables están relacionadas
- Hace fácil el reconocimiento de correlaciones.

DIAGRAMA DE DISPERSION POR PASOS

1. - RECOLECTAR parejas de datos
- 2.- DISEÑAR las escalas x, y adecuadas
- 3.- GRÁFICAR las páginas de datos
- 4.- IDENTIFICAR el diagrama.

Paso 1

Recolectar n parejas de datos de la forma (X_i , Y_i) donde X_i y Y_i representan los valores respectivos de las variables

Paso 2

Diseñar las escalas apropiadas para los ejes X y Y.

Paso 3

Graficar las parejas de datos. Si hay puntos repetidos. Se mostrarán con círculos concéntricos.

Paso 4

Identificar el diagrama, nombre de las variables en cada eje, fecha, departamento y quienes lo elaboran.

CAPITULO III.

INTRODUCCIÓN A LA GRÁFICA DE CONTROL.

CAUSAS COMUNES Y ESPECIALES DE VARIACIÓN.

La gráfica de control es una herramienta con una confiabilidad del 99.73 % (casi 100 %), que realiza la más elemental función de la estadística, da a conocer el estado del proceso en un momento del tiempo, se apoya en una filosofía de calidad orientada a satisfacer al cliente, al autocontrol de las personas, a la prevención en lugar de la detección y la mejoramiento continuo.

El Dr. Deming presentó una estadística de frecuencia de 80 a 20 % con lo que ocurren estas causas en su libro " Quality Productivity and Competitive Position " ² Sin embargo, 4 años más tarde reportó 94 a 6 % en una segunda edición de su libro.

En todos los procesos las causas de la variabilidad (y de problemas de calidad) se pueden clasificar en dos tipos:

CAUSAS COMUNES Y ESPECIALES DE VARIACIÓN.

Las cartas de control se utilizan como una forma de observar y detectar el comportamiento del proceso de producción a través de los pasos de fabricación, permitiendo tomar acciones correctivas antes de que sea demasiado tarde (prevención v.s detección).

El Dr. Shewhart junto con otros ingenieros desarrollan métodos que ayudan a observar los pasos del proceso que más inciden en la calidad del producto terminado. Las principales conclusiones a las que llegaron son las siguientes: hay causas debidas al operario, al turno y al material.

² DEMING W. Edwards , Quality , Productivity ,and Competitive Position
M.I.T. 1983.

Denominadas causas especiales, y hay otras debidas al proceso mismo de producción, debido a que la ingeniería de diseño no tiene en cuenta las dificultades de producción para elaborar los productos conforme a sus especificaciones.

A estas se les conoce con el nombre de causas comunes. Shewart uso él termino causa de variación asignable donde yo uso él termino causa especial. Yo prefiero el adjetivo especial para una causa que es especifica a un grupo de trabajadores o a la producción particular de un trabajador o de una maquina especifica o a condiciones circunstanciales especificas. La palabra que se use no es lo importante; el concepto si, y esta es una de las grandes contribuciones que el Dr. Shewart dio al mundo . 3

Las causas comunes son las causadas por el sistema, el diseño de la planta, el diseño del proceso, la tecnología, las normas que se practican en la organización y la filosofía de la compañía. El responsable de las causas comunes es el nivel directivo y gerencial (Las personas que tienen autoridad para hacer cambios en el sistema), en otras palabras cada persona que tiene subordinados, tiene autoridad para hacer cambios en el sistema o subsistema bajo su responsabilidad. Las causas comunes son relativamente dificiles de identificar y corregir, además de costosas.

Las causas especiales son las causadas por una persona o entidad especifica, un cierto día y bajo alguna circunstancia esporádicamente. El responsable de las causas especiales es la persona que lo originó, por ejemplo, una distracción de un operario, una secretaria que llega tarde. Las causas especiales son relativamente fáciles de identificar y de corregir porque su efecto se ve en el momento en que ocurre la causa.

3 DEMING W. Edwards , op.cit.,nota 2

Una pregunta que ayuda a definir si una causa es común o especial es ¿ Ocurre siempre esta causa, o está presente siempre? Si la respuesta es si, es causa común, si no es especial.

Una causa especial que se repite constantemente, se convierte en común, es responsabilidad de la administración.

Cuando en el proceso sólo existen causas comunes de variación, se dice que el proceso está bajo control, no necesariamente dentro de especificaciones, la variación por causas comunes en este estado es inevitable.

Cuando en el proceso se presentan causas especiales de variación se dice que el proceso está fuera de control, y la causa especial debe ser identificada y corregida para regresar al estado de control. Cuando se tiene el proceso bajo control, se deben identificar y disminuir las causas de variación común para la mejora continua.

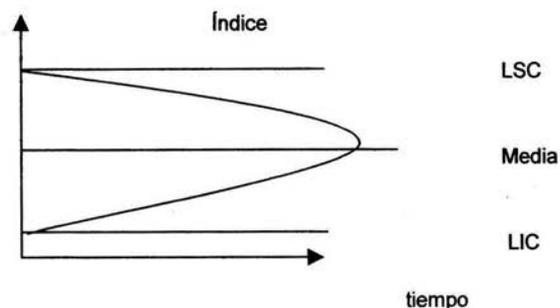
La gráfica de control desarrollada en 1924 por el Dr. Shewart en los laboratorios Belles, es la más común en la industria y la más importante en el Control Estadístico del proceso (CEP.)

Se ha cometido el error de definir el CEP como el uso de gráficas de control, así como definir el uso de gráficas de control como CEP, sin embargo, el CEP es el uso combinado de las siete herramientas básicas 7HB.

El uso de una gráfica de control no asegura mejorar la calidad, es decir, no por implantar una gráfica de control se mejora la característica de calidad, sino por las decisiones y acciones que se toman por su interpretación.

GRÁFICA DE CONTROL .

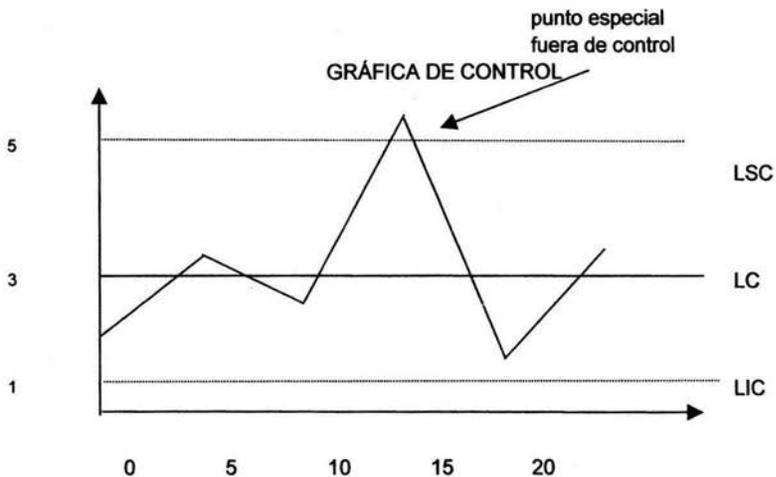
La gráfica de control es una gráfica poligonal (gráfica de líneas) que muestra en el tiempo el estado de control o descontrol del proceso. En el eje de las abscisas (línea horizontal) , se representa el tiempo, en el eje de las ordenadas (línea vertical) la característica de calidad, y se dibujan tres líneas horizontales.



En la línea central se representa el promedio de un indicador (Promedio de promedios, de medianas, de rangos, de desviaciones estándar, de porcentaje de defectuosos, etc.). En la línea superior se representa el Límite Superior de Control (LSC) del indicador, y en la línea inferior el Límite Inferior de Control (LIC).

Los límites de control son calculados con constantes de tablas para que la desviación (distancia) entre la línea central y los límites de control sean tres desviaciones estándar del indicador que se está graficando. La gráfica de control está diseñada a tres desviaciones estándar porque supone que el indicador tiene un comportamiento Normal de Gauss (Suposición correcta por el teorema del Límite Central), y por lo tanto, un proceso controlado es una población Normal de Gauss de variabilidad de causas comunes con el 99.73 % (área entre $z = 3$ y $z = - 3$) de los puntos dentro de los límites de control, y si se presenta un punto fuera de los límites de control, la probabilidad de que ese punto pertenezca a la

población de causas comunes es tan baja (0.27 %) que se considera punto especial que no pertenece a la población común, por lo tanto el proceso se considera fuera de control.



Durante la producción, se calcula periódicamente el indicador de la gráfica, se dibuja y se compara con las líneas centrales y los límites de control, así como los puntos inmediatos que le anteceden, si el punto está entre los límites de control se dice que el proceso está bajo control, si el punto está por arriba del LSC o por abajo de la LIC no se acepta que sea causa común, así que se deduce que es una causa especial y se dice que el proceso está fuera de control.

La información que presenta la gráfica de control de proceso es:

- El estado que control o descontrol del proceso.
- El comportamiento del proceso a través del tiempo.
- El promedio de la característica de calidad.
- La dispersión de la característica de calidad.
- El comportamiento del proceso relativo a normalidad gaussiana (estabilidad del proceso).
- El comportamiento del proceso relativo a las especificaciones (habilidad del proceso) .

Existen varios tipos de gráficas de control, las más comunes y que se presentan en este trabajo, se clasifican como sigue:

1. - Gráficas de variables continuas:

Gráficas de promedios y rangos.

Gráficas de medianas y rangos.

Gráficas de promedios y desviaciones estándar.

Gráficas de lecturas individuales.

2. - Gráficas de atributos (Variables discretas):

Gráficas de porcentaje (p),

(Conocida como gráfica de % de defectuosos) .

Gráficas de número de elementos Binomial (np),

(Conocida como gráfica de # de defectuosos) .

Gráficas de número de elementos Poisson,

(Conocida como gráfica de # de defectos) .

Una gráfica comúnmente presentada en los textos pero que prácticamente no se usa, es la gráfica u (# de defectos por unidad) .

CONSTRUCCIÓN DE LA GRÁFICA DE CONTROL X-R.

Esta gráfica es la más común y flexible. El tamaño de muestra debe ser lo suficientemente grande para cumplir el Teorema de Limite Central y que las medias se comporten como normales, y prácticamente para cualquier proceso esta condición se cumple con $n = 5$. Se podría calcular un tamaño de muestra óptimo específico a un proceso con una prueba de normalidad.

Teorema que establece que para cualquier conjunto de variables X_i , independientes e idénticamente distribuidas, con un comportamiento Normal de Gauss o no, el promedio de las variables X_i se comporta como Normal de Gauss si el tamaño de muestra es suficientemente grande.

El gráfico X-R es el gráfico de control con mayor sensibilidad para descubrir e identificar causas. Se lee primero el gráfico de R, en el cual es posible reconocer directamente muchas causas. Con la ayuda de este, se lee el gráfico X, lo cual permite encontrar otras causas. Finalmente, examinando ambos en conjunto todavía es posible obtener una mayor información . 4

El Dr. Shewart sugirió 4 como el tamaño ideal del subgrupo; 5 parece ser un tamaño más común. Este criterio toma como base el que la distribución se acerque a la normal aun cuando el universo no represente una curva normal.

Para un estudio inicial de un proceso, las muestras (subgrupos) deben estar formadas de 2 a 10 piezas producidas consecutivamente; de esta manera las piezas en cada subgrupo estarán producidas bajo condiciones similares de producción. Ford Motor Company , ha adoptado como típico el que las muestras estén formadas de 5 piezas consecutivas, ya que con menos de 5 empieza a perderse la sensibilidad de la gráfica para detectar problemas, y con mas de 5 se obtiene muy poca información adicional.

4 WESTERN Electric Company Inc ,Statistical Quality Control Handbook
New York , 1956 , pag.11.

Durante un estudio inicial, los subgrupos pueden ser tomados consecutivamente o a intervalos cortos para detectar si el proceso puede cambiar o mostrar inconsistencia en breves periodos de tiempo. Ford recomienda que el intervalo sea de 1/2 a 2 horas, ya que mas frecuentemente puede representar demasiado tiempo invertido, y si es menos frecuente pueden perderse eventos importantes que sean poco usuales . 5

Para que el proceso este bajo control estadístico se eliminen mediante acciones correctivas, las causas especiales. Una vez que tengamos el proceso bajo control, procedemos a calcular su habilidad potencial y su habilidad real. 6

HABILIDAD DE PROCESO.

Las gráficas de control presentan una forma de trabajar con una filosofía definida.

1. - Prevenir los defectos, en lugar de detectarlos.
2. - Considerar al operador como una persona que conoce su proceso y que tiene opiniones de cómo mejorarlo.
3. - Considerar al auditor como una persona que realiza actividades de aseguramiento de calidad.
4. - Considerar al supervisor como una persona con funciones de control de calidad (medición del proceso, detección de fallas, y ejecución de acciones correctivas cuando el proceso esté fuera de control, inestable, o fuera de especificaciones) .
5. - Considerar que los departamentos trabajan en conjunto para las acciones correctivas, preventivas y de mejora continua, con un mismo objetivo: La calidad del producto.

5 FORD Motor Company ,Control Continuo del proceso y mejoras a la habilidad del proceso ,guía para el uso de gráficas de control para mejorar la calidad y productividad , oficina de calidad del producto, Enero, 1984, pagina 21.

6. - Considerar a los administradores o gerentes del sistema operativo, ingeniería, producción y aseguramiento de calidad como personas que conocen los conceptos básicos de estadística y de la interpretación de las técnicas de monitoreo de proceso, y que realizan análisis al proceso con los reportes estadísticos de operadores, supervisores y auditores.

Estos son los principales factores que marcan la diferencia en calidad del producto de una empresa que usa correctamente las gráficas, a una empresa que no lo hace, o lo hace mal.

La variación dentro de los límites de control es natural, y se intentará reducir con el tiempo, la variación de las causas especiales se debe eliminar por completo.

Una gráfica de control estable y hábil indica que no se debe invertir energía al proceso y se le puede dejar libre, con el tiempo incluso se puede decidir disminuir la inspección.

El Dr. Deming realizaba en sus conferencias la siguiente dinámica: colocaba en una caja a la vista del público 40 bolas blancas y 10 bolas rojas, la caja representaba un proceso, las bolas blancas los productos buenos y las rojas los defectuosos, después pasaba a alguien del público (un director general de alguna empresa) y le indicaba que lo contrataba como operario en su proceso, le pedía que obtuviera varias muestras de 5 productos al azar, y cuando la persona obtenía bolas rojas Deming lo regañaba por ser mal operador y al repetirse bolas rojas lo “ corría “ de su empresa. Con esto explicaba que un proceso en donde los directivos son responsables del sistema y en el que el operador se le culpa de los errores del sistema no llega lejos. Lo que se necesita para no obtener bolas rojas en esta dinámica es eliminarlas de la caja, es decir corregir el sistema.

Una vez que la gráfica está en control, es decir, cuando solamente hay causas comunes de variación, el siguiente paso es calcular la habilidad del proceso.

⁶ FORD _ ITESM, Control Estadístico del proceso para sus proveedores y la industria nacional. Modulo 5, Proceso dentro de control estadístico y evaluación de la habilidad del Proceso. Octubre ,1985, pagina 3.

Esté concepto tiene similitud entre mover un auto compacto y mover un camión, es relativamente sencillo mover el auto compacto y extremadamente difícil mover el camión, así también es relativamente sencillo ajustar la media al centro de las especificaciones (acercar al nominal) cuando sólo existen causas comunes y el proceso está en control, es extremadamente difícil hacerlo si el proceso está fuera de control y no conocemos su estado.

Se define la habilidad de proceso como la capacidad de un proceso con cumplir las especificaciones de ingeniería, y por lo tanto del cliente. Tradicionalmente se puede calcular de tres formas diferentes, congruentes entre sí, es este trabajo se presentan primero estos tres casos:

- a) Habilidad potencial del proceso (capacidad de cumplir las especificaciones) por medio del índice Cp.
- b) Habilidad real del proceso, por medio del índice Cpk.
- c) Porcentaje de producto dentro de especificaciones, por el área bajo la curva normal.

Los criterios para determinar si una habilidad es aceptable son:

Valor de Cp y Cpk	Habilidad	% Dentro de especificaciones	ppm de rechazo
Cp y Cpk mayor a 1	3 sigmas	99.73%	2700 ppm
Cp y Cpk mayor o igual a 1.33	4 sigmas	99.99%	60 ppm
Cp y Cpk mayor o igual a 1.66	5 sigmas	99.999426%	0.574 ppm

Ejemplo:

En el departamento de moldes y maquinados se hace un taladro de un diámetro interior, y se controla el proceso mediante la gráfica de promedios y rangos midiendo 5 piezas cada hora, una cierta semana se presentaron los datos de la siguiente tabla:

Departamento : Moldes		No. De parte: M1516		Cliente: Líquidos		DSM 0010	
		Nombre de la parte: Base				Gráfica # 32	
x= diámetro interior		LSE = 0.830		LIE = 0.810		Tolerancia : 0.020	
Operador : CUM		Inspector : EUM		Eq. De Medición: CC		Máquina : MA010	
Hora	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	
x1	0.8220	0.8209	0.8207	0.8215	0.8204	0.8205	
x2	0.8230	0.8224	0.8215	0.8226	0.8223	0.8226	
x3	0.8226	0.8225	0.8222	0.8224	0.8225	0.8226	
x4	0.8229	0.8219	0.8209	0.8209	0.8210	0.8211	
x5	0.8228	0.8227	0.8207	0.8229	0.8229	0.8221	
Suma	4.1133	4.1104	4.1060	4.1103	4.1091	4.1089	
Promedio	0.8227	0.8221	0.8212	0.8221	0.8218	0.82178	
Rango	0.0010	0.0018	0.0015	0.0020	0.0025	0.0021	

Para la gráfica de \bar{X} promedio :

$$\bar{X} = \frac{X_1+X_2+X_3+\dots+X_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{\bar{X}_1+\bar{X}_2+\bar{X}_3+\dots+\bar{X}_n}{n}$$

$$\bar{X} = 0.8219 ;$$

y para la gráfica de rangos tenemos ;

$R_1 = (\text{Valor mayor} - \text{Valor menor})$ y así para cada columna de datos

$$\bar{R} = \frac{R_1+R_2+R_3+\dots+R_n}{n} = 0.001817$$

Se calculan los límites de control de control inferior y superior de X (Ver tabla de constantes en el anexo I) .

$$LIC_x = \bar{X} - A_2 \bar{R}, \quad y \quad LSC_x = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

Para $n = 5$; $A_2 = 0.577$ (Tabla anexo 1)

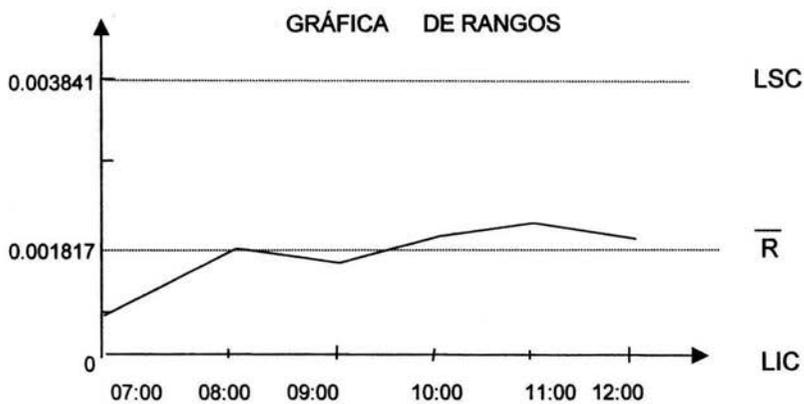
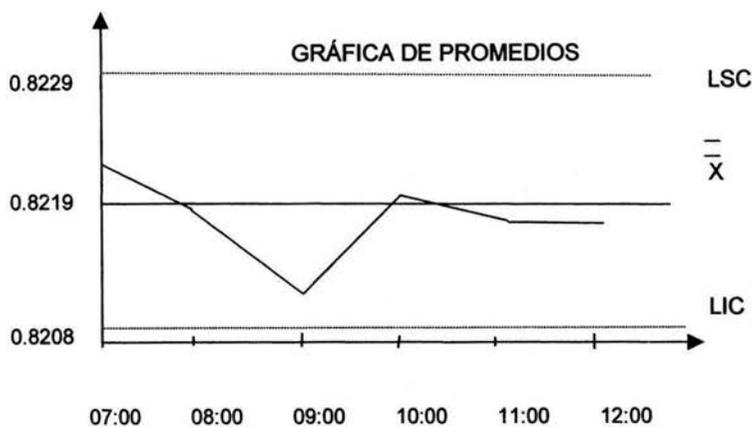
Sustituyendo :

$LIC_x = 0.8208$, $LSC_x = 0.8229$, y para la grafica de rangos tenemos :

$LIC_R = D_3 \bar{R}$ y $LSC_R = D_4 \bar{R}$, de la tabla del anexo 1 tomamos los valores para D_3 y D_4 ,

$LIC_R = 0$ y $LSC_R = 0.003841$.

Gráfica de Control de promedios y rangos del diámetro interior de la base.



Conociendo que los los valores de especificación son los siguientes :

$$LSE = 0.83; \quad LIE = 0.810$$

$$D = \frac{M - \bar{X}}{2}$$

$$M = \frac{0.83 + 0.81}{2} = 0.82$$

$$D = |0.82 - 0.8219| = 0.0019$$

$$K = \frac{2D}{LSE - LIE} = \frac{2(0.0019)}{0.83 - 0.81} = 0.19$$

Desviación estándar = R/ d2, (de la tabla anexo 1, se toma el valor de d2.)

$$= 0.001817 / 2.326 = 0.0007811$$

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6 (\text{Desviación estándar})}$$

$$Cp = \frac{0.83 - 0.81}{6 (0.0007811)} = 4.2680$$

$$Cpk = Cp (1 - K) \\ = 4.268 (1 - 0.19)$$

$$Cpk = 3.457$$

Aplicando el criterio de habilidad para Cp y Cpk, se puede decir :

3.457 > 1.66 con lo que el proceso puede concluir que es muy hábil para 5 sigmas, ya que:

$$Cpk > 1.66$$

Algunas empresas colorean las áreas de la gráfica para facilitar la visualización.

Los datos que se muestran en la siguiente tabla, son los valores obtenidos de ingrediente activo tomados en planta en una formula especifica de shampoo, antes de ser implementados los gráficos X-R como una herramienta de control de proceso, siendo una de las variables mas importantes que nos permite mantener nuestros productos en el mercado,

Departamento : Shampoos		No. De parte: mx117654 Nombre de la parte: PCP		Cliente: Lienado		DSM 0040 Gráfica # 35	
x= Ingrediente activo		LSE = 11.5		LIE = 9.5		Máquina : Mixer010	
Operador : CUM		Inspector : EUM		Método analítico. Cationico			
Hora	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	
x1	10.33	9.90	10.20	11.50	10.80	9.50	
x2	10.51	10.7	10.45	11.00	10.50	10.80	
x3	10.45	10.60	10.35	10.50	10.35	10.70	
x4	10.25	9.98	10.75	10.70	10.40	10.50	
x5	10.30	9.95	9.95	10.50	11.00	10.30	
Suma	51.84	51.13	51.70	54.20	53.05	51.80	
Promedio	10.3680	10.2260	10.34	10.84	10.61	10.36	
Rango	0.260	0.80	0.80	1.00	0.650	1.3	

Para este ejercicio, el promedio de promedios es igual 10.4573 y el promedio de rangos es 0.8016.

Cálculo de los límites de control de control inferior y superior (Ver tabla de constantes en el anexo I).

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}, \quad LSC_x = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad \text{y} \quad LIC_R = D_3 \bar{R} \quad \text{y} \quad LSC_R = D_4 \bar{R}$$

En este ejercicio $LIC_x = 9.9947$, $LSC_x = 10.9198$, $LSC_R = 1.6945$ y $LIC_R = 0$.

$$D = |M - \bar{X}|$$

$$M = \frac{11.5 + 9.5}{2} = 10.5$$

$$D = |10.5 - 10.4573| = 0.0427$$

$$K = \frac{2D}{LSE - LIE} = \frac{2(0.0427)}{11.5 - 9.5} = 0.0427$$

Desviación estándar = R/d_2 , (de la tabla anexo 1, se toma el valor de d_2 .)

$$= 0.8016 / 2.326 = 0.3446$$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 (\text{Desviación estándar})}$$

$$C_p = \frac{11.5 - 9.5}{6 (0.3446)} = 0.9673$$

$$C_{pk} = C_p (1 - K)$$

$$= 0.9673 (1 - 0.0427)$$

$$C_{pk} = 0.9259$$

Donde :

$$Z_s = \frac{LSE - X}{\text{Sigma}} = \frac{11.5 - 10.4573}{0.3446} = 3.0258$$

$$Z_i = \frac{LIE - X}{\text{Sigma}} = \frac{9.5 - 10.4573}{0.3446} = -2.7780$$

Obteniendo los valores de Z en las tablas de Distribución normal .7

$$P(Z_s) = 1 - P(Z_s) = 1 - 0.99874 = 0.126 \%$$

$$P(Z_i) = P(-Z_i) = 0.0028 = 0.28 \%$$

$P_{\text{total}} = P(Z_s) + P(Z_i) = 0.126 \% + 0.28 \% = 0.40 \%$, que representa el producto fuera de especificación.

100 % - 0.40 % = 99.6 %, Aplicando el criterio de habilidad tenemos:

que para 99.73 % < P_{total} para + 3 sigmas:

7 WALPOLE R.E, MYERS R.H, Probabilidad y estadística para ingenieros. , 3ª. edición Interamericana, 1989 , paginas.651,652.

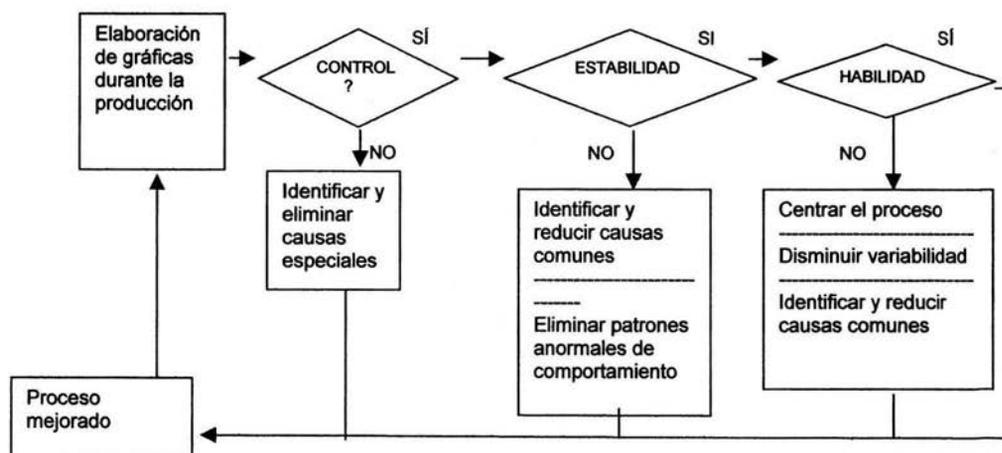
Por lo tanto:

$99.6\% < 99.73\%$, con lo que podemos concluir que nuestro proceso no es hábil para 3 sigmas.

CONTROL Y ESTABILIDAD DE PROCESOS.

Estrictamente hablando, un punto fuera de los límites indica que el proceso está fuera de control. Sin embargo, existe la probabilidad de que un punto fuera de límites sea causa por efectos el azar y que no sea causa especial de un proceso descontrolado. La probabilidad es casi cero (0.135 %), pero existe. Entonces podemos esperar que ocasionalmente un punto fuera de los límites no signifique fuera de control. El criterio para aceptar que un proceso está dentro de control es obtener máximo un punto fuera de límites en 20 puntos consecutivos.

La Gráfica de control, además de mostrar el estado de control o descontrol en un proceso, proporciona información de su estabilidad para mejorar al proceso. La estabilidad se define como la variación natural que debe existir entre los límites de control, es decir, la variación natural de las causas comunes del proceso. Un proceso primero debe ser analizado y mejorado para eliminar causas especiales y mantenerlo en control, después ha de ser estudiado para mantenerlo estable.



Una vez que el proceso anterior fue estudiado y se llevaron las acciones correctivas detectadas y utilizando las 7 herramientas, en este caso atendiendo, la capacitación en el método analítico y uso de las gráficas de control, disminución de la variabilidad de las materias primas, respeto a los tiempos de agitación y seguimiento estricto a los instructivos de procedimiento y la homogenización de los mezcladores, se obtiene al cabo de 3 meses los siguientes datos:

Departamento : Shampoos		No. De parte: mx117654 Nombre de la parte: PCP		Cliente: Llenado		DSM 0040 Gráfica # 45	
x= Ingrediente activo		LSE = 11.5		LIE = 9.5			
Operador : CUM		Inspector : EUM		Método analítico. Cationico		Máquina : Mixer010	
Hora	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	
x1	10.30	10.20	10.50	10.60	10.40	10.30	
x2	10.40	10.40	10.60	10.80	10.50	10.40	
x3	10.45	10.55	10.70	10.50	10.45	10.45	
x4	10.35	10.60	10.65	10.55	10.60	10.50	
x5	10.20	10.45	10.40	10.45	10.65	10.60	
Suma	51.70	52.20	52.85	52.90	52.60	52.25	
Promedio	10.34	10.44	10.57	10.58	10.52	10.45	
Rango	0.25	0.40	0.30	0.35	0.25	0.30	

Las resultantes para, el promedio de promedios es igual 10.4833 y el promedio de rangos es 0.3083.

Cálculo de los límites de control de control inferior y superior (Ver tabla de constantes en el anexo I).

$$LIC x = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}, \quad LSC x = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \quad y \quad LIC R = D_3 \bar{R} \quad y \quad LSC R = D_4 \bar{R}$$

En este ejercicio $LIC x = 9.598$, $LSC x = 10.6611$, $LSC R = 0.6517$ y $LIC R = 0$.

$$D = \frac{\bar{M} - \bar{X}}{2}$$

$$M = \frac{11.5 + 9.5}{2} = 10.5$$

2

$$D = | 10.5 - 10.4833 | = 0.0167$$

$$K = \frac{2D}{LSE - LIE} = \frac{2(0.0167)}{11.5 - 9.5} = 0.0167$$

Desviación estándar = R / d_2 , (de la tabla anexo 1, se toma el valor de d_2 .)
 $= 0.3083 / 2.326 = 0.1325$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 (\text{Desviación estándar})}$$

$$C_p = \frac{11.5 - 9.5}{6 (0.1325)} = 2.515$$

$$C_{pk} = C_p (1 - K)$$
$$= 2.515 (1 - 0.0167)$$

$$C_{pk} = 2.4729$$

Donde :

$$Z_s = \frac{LSE - X}{\text{Sigma}} = \frac{11.5 - 10.4833}{0.1325} = 7.673$$

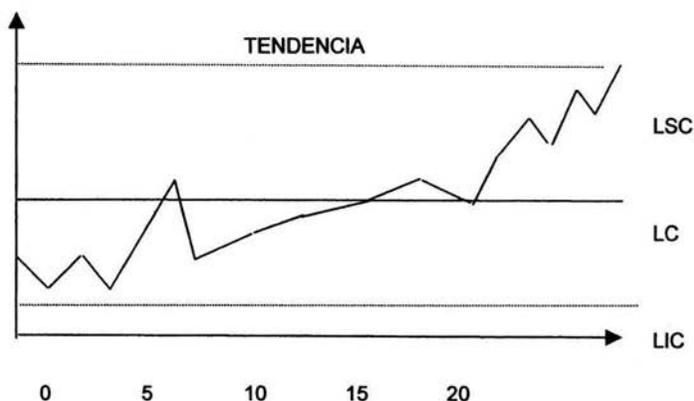
$$Z_i = \frac{LIE - X}{\text{Sigma}} = \frac{9.5 - 10.4833}{0.1325} = -7.4211$$

Con lo que se puede concluir que el proceso se centro y resulta ser bastante hábil, aun para 5 sigmas, con lo que las acciones correctivas efectuadas fueron las adecuadas para contar con un proceso estable y controlado.

INTERPRETACION

Los siguientes patrones (comportamientos) de las gráficas de control se pueden considerar anormales. Cuando se presenta uno de estos patrones o en combinación el proceso es inestable, y aún estando en control, la situación se debe analizar y tomar decisiones porque la gráfica indica que algo anormal está ocurriendo.

Tendencias. Es una serie de puntos con un comportamiento ascendente o descendente, el criterio estadístico para considerarla anormal es sí su longitud de 7 o más puntos.



En un proceso controlado, la probabilidad de obtener un punto dentro de los límites de control es de 99.73 % (\pm Sigma), por lo que la probabilidad de obtener un punto fuera de límites (aún estando controlado) es de 0.27 %, es decir, existe una mínima probabilidad que un proceso controlado genere un punto fuera de límites;

así mismo, la probabilidad de obtener todos los puntos dentro de límites en 20 puntos consecutivos, aún estando en control, es de 94.74 %, la probabilidad de obtener 1 punto fuera es de 5.13 %, y la probabilidad de obtener más de 1 punto es de 0.13 %, si se acepta un error máximo = 5 % de rechazar, algo falso (rechazar que un proceso está controlado cuando realmente si lo esta), entonces la probabilidad de no aceptar que el proceso se encuentra en control con un punto fuera , es de 5.26 %, mayor al definido, por lo tanto, se puede aceptar un punto fuera de límites en 20 puntos consecutivos. Estas probabilidades se calculan con la distribución Binomial (x = Num de puntos fuera de los límites de control en " n " subgrupos), $f(x) = nCx p^n q^{n-x}$.

Causas probables de una tendencia:

- Acumulación del producto (producto en proceso, rebaba o desecho) .
- Cambio gradual en condiciones de medio ambiente.
- Desgaste de la herramienta en maquinados.
- Fatiga gradual del operario.
- Curva de aprendizaje del operador.
- Aumento gradual de parámetros de máquina (Presión, temperatura).
- Ajustes graduales a la máquina.
- La razón general que causa tendencia es un cambio gradual.

Corridas. Es una serie de puntos consecutivos por arriba de la línea central (corrida hacia arriba) o por abajo (corrida hacia abajo) . La corrida es anormal si su longitud es de 7 o más puntos. ⁸



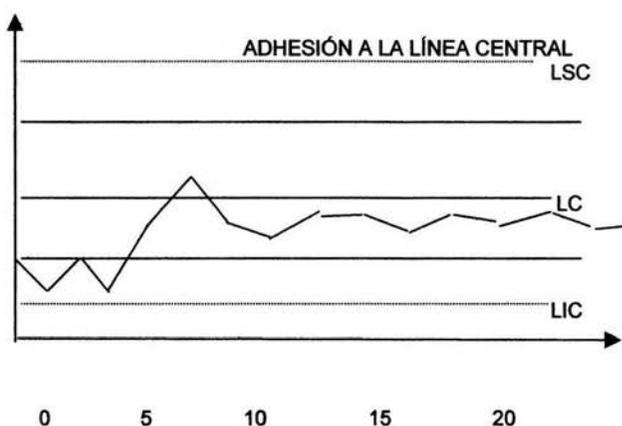
Causas probables de una corrida:

- Cambio significativo en la calidad del producto (Viscosidad del proceso)
- Cambio en el método de inspección (inspector, equipo de medición.)
- Cambio en el método de producción (operador, lote de materia prima .)
- Accidente en la máquina (rotura de una parte, vencimiento de algún componente.)
- La causa general que ocasiona una corrida en un proceso es un cambio puntual.

⁸ FORD Motor company, Control estadístico del proceso , Modulo 3 , herramientas básicas I , Marzo 1986, pag. 317

Adhesión a la línea central y adhesión a los límites de control.

Se divide imaginariamente el área entre los límites de control y la línea central en tres partes. Si 10 puntos consecutivos están en el primer tercio cercano a la línea central, existe adhesión al centro y también se considera el proceso anormal.



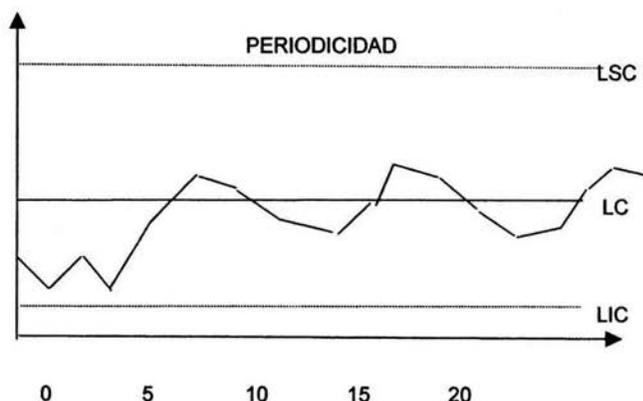
Causas probables de adhesión:

- Mezcla de materias primas diferentes en el proceso.
- Llevar una misma gráfica para dos procesos.
- Diferencias en el método de prueba.
- Diferencias en el método de producción.
- Cálculos incorrectos de los límites de control.
- Falta de resolución en el equipo de medición.
- Mejora significativa en la dispersión del proceso.
- Alteración de datos.

- La causa general de una adhesión es una mezcla.

Es de notar que una adhesión a la línea central puede tener dos orígenes muy distintos entre sí: una razón excelente porque mejoró significativamente la dispersión del proceso, o una razón pésima porque existen datos alterados que no son reales, sin embargo, la gráfica no define cuál de las causas ocurrió, sino que detecta que algo anormal ocurrió, bueno o malo.

Periodicidad (o ciclos) Cuando los puntos siguen un patrón de comportamiento que se repite a intervalos definidos de tiempo, existe periodicidad y el proceso se considera anormal.

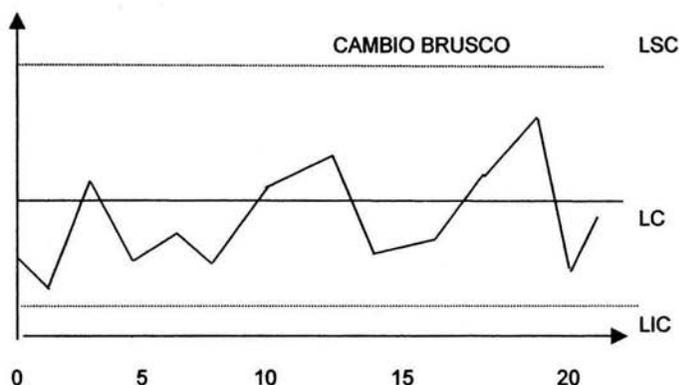


Causas de periodicidad:

- Parámetros de máquina que se repiten en forma periódica.
- Mantenimiento preventivo.
- Rotación de operarios.
- Desgaste de herramientas en maquinados.
- Cambios de turnos.
- Condiciones ambientales cíclicas.
- La causa que origina este patrón es una periodicidad en cualquier factor de la producción.

Aunque algunos eventos parecen inevitables, como el desgaste de la herramienta o el mantenimiento preventivo, si se identifican los factores que ocasionan la periodicidad se pueden tomar decisiones para la mejora continua del proceso, y para el caso específico de desgaste, existe una gráfica especial que se llama gráfica de límites inclinados.

Cambios bruscos en el proceso. Un cambio brusco consiste en una diferencia entre dos lecturas consecutivas mayor a tres veces que las diferencias que anteriormente se presentaban.



Causas de cambios bruscos:

- Mantenimiento preventivo.
- Cedencia de un componente mecánico en la maquina.
- Rotura de alguna parte.
- Accidente de trabajo.
- Distracción del operario.
- Cambio en alguna condición ambiental.
- La causa general es un cambio instantáneo en el proceso.

Todos los criterios estadísticos exactos antes mencionados pueden evaluarse con el sentido común, pues que en las gráficas de control reales los comportamientos no se muestran tan definidos como en la teoría. La interpretación y análisis de las gráficas de control identifica el cuándo el proceso esta fuera de control o cuando está inestable (Anormal), pero no indica Cual es el problema, ni donde se encuentra, tampoco que se debe hacer, o quien debe actuar, estas preguntas se contestan con sentido común, experiencia y conocimiento del proceso, y motivación e intención de mejorar nuestro proceso: la mayoría de las veces que se presentan problemas en el proceso un operador sabe que hacer, en otras ocasiones necesita hablar a su jefe inmediato para resolver entre los dos el problema, y pocas veces se requiere una inversión de tal manera que el gerente deba enterarse y tomar la decisión, pero en cualquiera de los casos, en todos, el operador es la primera persona en la organización que se entera del problema, y por lo menos debe comunicárselo a sus jefes. Las herramientas básicas de análisis y solución de problemas ayudan a esto.

Comportamiento normal de una gráfica de control. Una gráfica de control debe mostrar aleatoriedad en los datos, subir y bajar de la línea central al azar, con un 68 % de los datos dentro del primer tercio cercano a la línea central y el resto hacia los límites de control, y además, una gráfica de control es normal cuando no sé puede predecir donde se localizará el siguiente punto, si se revisan las gráficas de los patrones anormales de la sección pasada, se puede observar que en todas existe la forma de predecir o pronosticar el siguiente punto.

CAPITULO IV .

IMPLANTACION

Brevemente se presenta la forma de su implantación sin decir con esto que es la única que pueda mostrar buenos resultados. Es recomendable planear de una manera ordenada y consecutiva la capacitación del uso e importancia de las Gráficas de Control así como el conocimiento de las 7 herramientas, al personal que llevará éstos registros. Procurando que dicha capacitación sea en un lugar fuera de las líneas de operación o bien, evitar el ruido y poder tener la atención de la gente.

Recordar que un número pequeño de participantes es mucho más fácil de manejar y el trato es más personalizado, para cualquier pregunta ó comentario, la logística que se utilizó para llevar a campo está capacitación fue en grupos de máximo 20 participantes por dos sesiones de 4 horas cada una.

Se deberá estudiar el proceso con anticipación por alguien que conozca el manejo de éstas gráficas, con la finalidad de establecer los Límites de Control para las Gráficas X-R, ya que un error en estos cálculos puede hacer una variación considerable en todo el sistema.

Iniciar con una breve introducción de lo que son éstas Gráficas de Control y las ventajas que ofrecen en el desarrollo de sus trabajos cotidianos, así como los principios básicos de estadística; resaltando la importancia que significa en utilidades para la empresa el tener un proceso bajo control. Así como la importancia del buen manejo de los datos y de la información adicional que estas Gráficas nos dan.

Se inicia con ejercicios muy sencillos por ejemplo el sacar la media de edad del grupo para ir introduciéndolos con el manejo de la calculadora y la herramienta estadística que será la base de los cálculos cotidianos dentro de este taller.

Hasta donde sea posible, es importante utilizar una escala entre punto y punto lo más accesible y sencilla que pueda ser, evitando con ello confusión y operaciones matemáticas innecesarias. De preferencia utilizar números enteros guardando una secuencia lógica entre cada intervalo para cada gráfica utilizada.

Una vez definidos los Límites de Control Inferior y Superior para las Gráficas X-R y teniendo una escala lo suficientemente accesible, se procede, de acuerdo al formato utilizado, a la toma de muestras y a la anotación respectiva de los datos correspondientes, en los espacios destinados.

Recalcando no olvidar que el muestreo es una parte medular para poder hacer una buena toma de decisiones.

Con los datos obtenidos de estas lecturas individuales, se realiza la suma de ellas anotando el resultado en la parte inferior de la hoja de control, posteriormente se divide ese resultado entre el número de muestras tomadas, para obtener el promedio de dichos datos, Este nuevo valor es el punto buscado por nosotros y con el cuál se empezará la Gráfica de Control X.

Este punto se graficará en el gráfico X, de acuerdo a la escala manejada. Posteriormente con los datos obtenidos de las lecturas individuales, se busca el valor mayor obtenido así como el menor, ya identificados éstos, se realiza una resta, del valor mayor menos el valor menor, arrojando un nuevo punto, que es el esperado por nosotros, el cuál se graficará en la Gráfica R, de acuerdo a la escala manejada.

De acuerdo al intervalo de tiempo por nosotros establecido, se procederá a las siguientes tomas de muestras, repitiendo los pasos anteriores, hasta el término de la hoja de control.

Es importante anotar en ésta hoja de control, la pieza o parte de la cuál estamos hablando, así como la fecha, el turno y el nombre del operador y la hora de las tomas de las muestras, ya que estos datos también son relevantes para estudios posteriores y nos pueden acercar a las verdaderas causas que originan nuestros problemas operacionales, como por ejemplo, la frecuencia de piezas defectuosas presentes en el proceso, la fatiga del operador y los ajustes de máquinas de turno a turno.

A partir del segundo punto graficado, es necesario ir uniéndolo con una línea recta los puntos resultantes de cada Gráfica formando con ello una Gráfica visual, mucho más fácil de leer e interpretar.

Hay que procurar que estas Gráficas sean llevadas por el operario de la máquina y estar seguros que lo saben interpretar y evaluar.

Podríamos ayudar un poco a los operarios de la máquina proporcionándoles una calculadora con las operaciones matemáticas fundamentales y de ser necesario dar una plática de su uso y manejo.

Es importante resaltar que éste método no consume más de cinco minutos en cada intervalo de lecturas, sin la necesidad de interrumpir la operación, y que puede traer muchos beneficios a cualquier planta productiva.

Hemos comprobado que a través del manejo cotidiano de estas hojas de control el operario cada vez, es más hábil para su manejo y toma de decisiones, no gastando más de dos minutos por intervalo.

Es de suma importancia la interpretación de los datos obtenidos ya que ésta nos da la pauta para tomar decisiones acertadas, y evitar producciones defectuosas que es la meta de este estudio, como sugerencia puede pegar cerca de cada operario hojas con las diferentes situaciones que se pueden presentar durante una corrida

normal de producción así como la causa probable y la solución inmediata, estos casos se muestran en los capítulos anteriores

El objetivo principal de éstas Gráficas X-R consiste en no salirse de los Límites de Control, tanto Superior como Inferior por nosotros establecidos de acuerdo a cada proceso, este sistema es predictivo más que correctivo. Con lo que nos ayuda a visualizar minutos antes lo que podría suceder en nuestro proceso, sin la necesidad de interrumpir la operación por la presencia de productos defectuosos.

También es importante comentar que existen ya paquetes de computación para poder contar con la historia de cada proceso y generar estas gráficas en periodos de tiempo más largos, algunos de ellos son Supercep, Minitab, Shop Floor Reporting, entre otros.

Con estos paquetes podemos conseguir aislar y analizar el comportamiento turno a turno, operario a operario, los Cpk's y Ppk's de la variable a controlar, conociendo el % de productos defectuosos y realizar planes para poder ir cerrando este rango, contando con esta información al día podemos disminuir las devoluciones, productos no conformes, obteniendo el beneficio directo de contar con clientes más satisfechos y por consecuencia esto representa para todo negocio más utilidades inmediatas.

Anexo

TABLA 1. 9

Constantes para cartas de control de proceso					
Observaciones				LCI	LCS
n	A ₂	d ₂	D ₃	D ₄	
2	1.880	1.128	0.00	3.267	
3	1.023	1.693	0.00	2.574	
4	0.729	2.059	0.00	2.282	
5	0.577	2.326	0.00	2.114	
6	0.483	2.534	0.00	2.004	
7	0.419	2.704	0.076	1.924	
8	0.373	2.847	0.136	1.864	
9	0.34		0.18	1.82	
10	0.31		0.22	1.78	
11	0.29		0.26	1.74	
12	0.27		0.28	1.72	
13	0.25		0.31	1.69	
14	0.24		0.33	1.67	
15	0.22		0.35	1.65	
16	0.21		0.36	1.64	
17	0.20		0.38	1.62	
18	0.19		0.39	1.61	
19	0.19		0.40	1.60	
20	0.18		0.41	1.59	

9 FORD Motor Company,op.cit.,nota 8 , pag. 305 .

Anexo

TABLA 2. 10

Criterio para el valor K	
Número de datos	
n	k
Menor de 50	de 5 a 7
De 50 a 100	de 6 a 10
De 100 a 250	de 7 a 12
250 o más	de 10 a 20

10 FORD Motor Company, op.cit.,nota 8 , pag. 10 .

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .

Es importante señalar que para poder contar con todas las ventajas que puede ofrecer una gráfica de control X-R, un paso esencial del proceso, es el cambio de mentalidad en el personal a todos los niveles y que realmente creen que la mejora continua es la clave para sostenerse en el mercado, que cada vez es más competido y cambiante, con lo que el cambio del sistema hacia la calidad, podrá acelerar de manera significativa la implantación de sistemas de control, que mejoren y mantengan los requerimientos del cliente.

No se tendrá que perder de vista que una vez tomada la decisión de llevar este gráfico X-R al proceso, es prioritario estudiar el proceso a controlar, por personal capacitado, para realizar los cálculos correspondientes, ya que de ellos depende en gran medida, la toma de decisiones que posteriormente deberá realizar el operario, para el control de su proceso.

Debido a que los resultados que se obtendrán en estas gráficas X-R, serán proporcionados por el operario es relevante que se cuente con una capacitación en forma adecuada y ordenada, de preferencia en un lugar donde se pueda tener la atención y concentración del personal involucrado.

Aún que los cálculos a realizar por los operarios sean sencillos, es importante considerar las limitaciones y facilitar la tarea con calculadoras, y de ser necesario dar una explicación de su uso y manejo.

Lo importante es que una vez que se conozcan los principales fundamentos teóricos de la estadística y su relación con el trabajo diario a través de las herramientas del control estadístico del proceso sirva como apoyo en piso para controlar las variables críticas del proceso.

Pienso que los puntos medulares es hacer que la gente conozca las ventajas y desventajas para hacerlo, contestando a sus preguntas: ¿Qué tan importante es para mí hacerlo? ¿ Por qué yo lo tengo que hacer? ¿ Para quién lo tengo que hacer? ¿ Quién lo valora? ¿ Por qué tengo que cambiar?.

Las compañías con frecuencia cometen el error de involucrar demasiada gente, demasiado pronto. Es fácil plantar un jardín extenso, lo difícil es conservarlo. Con lo que no debemos iniciar con un esfuerzo muy grande el cual no podamos apoyar y mantener de manera realista.

La gente de Industria es conocido que no está involucrada a resolver problemas emocionales, sentimentales y del contexto personal, nosotros estamos educados a la técnica, tecnología y al como se deben hacer las cosas, descuidando todo el potencial que tenemos en la gente, que es realmente la que tiene el conocimiento de mejora, solo que hemos olvidado escuchar, escuchar con mucha atención y hacer de ello algo mejor.

Nos hemos olvidado que estamos trabajando con personas a las que no dejamos por arrogancia hablar. Nuestra falta de planeación no nos permite acercarnos a la fuente de los problemas que pueden hacer que un sistema cambie.

Con lo que se puede concluir a través de los ejemplos mostrados en este trabajo que está metodología aplicada correctamente es una herramienta confiable para poder llevar a cualquier tipo de proceso a cumplir constantemente con las especificaciones marcadas por el departamento de ingeniería y / o los consumidores

BIBLIOGRAFÍA

- 2 DEMING W.Edwards , Quality , Productivity ,and Competitive Position
M.I.T. 1983.
- 5 FORD Motor Company ,Control Continuo del proceso y mejoras a la habilidad del
proceso ,guía para el uso de gráficas de control para mejorar la calidad y
productividad , oficina de calidad del producto, Enero, 1984, pagina 21.
- 8 FORD Motor company, Control estadístico del proceso , Modulo 3 , herramientas
básicas I , Marzo 1986, pag. 317.
- 6 FORD _ ITESM, Control Estadístico del proceso para sus proveedores y la
industria nacional. Modulo 5, Proceso dentro de control estadístico y evaluación de
la habilidad del Proceso. Octubre ,1985, pagina 3.
- 1 HERNANDEZ David ." Manual de Control Estadístico del Proceso para Usuarios "
Tecnología de Calidad .2000.
- 7 WALPOLE R.E, MYERS R.H, Probabilidad y estadística para ingenieros. , 3ª.
edición Interamericana, 1989 , paginas.651,652.
- 4 WESTERN Electric Company Inc ,Statistical Quality Control Handbook
New York , 1956 , pag.11.