

71
24.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

" CARTAS DE CONTROL PARA PROCESOS
TIPO BATCH "

TRABAJO ESCRITO - VIA CURSOS
DE EDUCACION CONTINUA

Que para obtener el Titulo de:

INGENIERO QUIMICO

presenta:

CARLOS JAVIER GONZALEZ ORTIZ

México, D.F.

1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE:	JOSE LUIS GONZALEZ MACHADO
VOCAL:	FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS
SECRETARIO:	DOMINGO ALARCON ORTIZ
1er. SUPLENTE:	MARIA DE LOURDES GOMEZ RIOS
2do SUPLENTE:	RUTH VILLASEÑOR GUTIERREZ

Sitio donde se desarrolló el Tema: Trabajo

Dirección: Lote 1 Manzana 4 Plaza Industrial Exportec Toluca. Edo. de México.

Asesor del Tema:

I. Q. José Luis González Machado



Sustentante:

Carlos Javier González Ortiz



**ESTE TRABAJO LO DEDICO A MI QUERIDA FACULTAD Y A CADA UNO DE LOS
PROFESORES QUE CONTRIBUYERON A MI PREPARACION PROFESIONAL.**

**AGRADEZCO AL PROFESOR JOSE LUIS GONZALEZ MACHADO SU APOYO EN LA
REALIZACION DE ESTE TRABAJO.**

INDICE

1) INTRODUCCION	2
2) CARTAS DE CONTROL	4
3) DISEÑO DE CARTAS DE CONTROL	9
4) TIPOS DE CARTAS DE CONTROL	14
5) INTREPRETACION DE LAS CARTAS DE CONTROL	32
6) APLICACIONES	40
7) CONCLUSIONES	58
8) BIBLIOGRAFLA	61
9) APENDICE	64

INTRODUCCION

En la actualidad un gran número de empresas de la industria de la transformación tienen dentro de sus procesos de fabricación a los llamados tipo BATCH u operaciones por lotes.

Dentro de este tipo de procesos, al que nos enfocaremos en este trabajo será a aquellos que se realizan por la combinación de dos o mas materiales para formar un lote homogéneo en el cual sólo se presenten cambios físicos. Los materiales mezclados pueden ser secos, líquidos o una combinación de ambos, que dan como resultado una solución, una pasta, o cualquier aglomerado con distinto grado de consistencia.

Así, por ejemplo, tenemos que dentro de este contexto se encuentran las industrias de pinturas, tintas, bebidas gaseosas, impermeabilizantes, barnices, recubrimientos, etc..

Uno de los problemas fundamentales a los que se enfrentan los ingenieros de diseño, producción y control de calidad de este tipo de industrias, es el "control del proceso", entendiéndose como control a todos los procedimientos necesarios para fijar y hacer cumplir ciertas especificaciones. Este estado de control nos permitirá fabricar productos homogéneos que cumplan con las especificaciones requeridas por el cliente y cuya variación de lote a lote este comprendida entre los límites establecidos.

Asimismo podemos decir que la misión del control de procesos es lograr el mayor aprovechamiento del proceso productivo haciendo que se desarrollen a un nivel de rendimiento previsto. La herramienta estadística por excelencia para conseguir el estado de control del proceso es la gráfica o carta de control.

El propósito de una carta de control es determinar si el comportamiento de un proceso mantiene un nivel aceptable de calidad.

En esta tesis se estudiarán los diferentes tipos de gráficos de control, en que circunstancias deben ser usados y algunos ejemplos prácticos enfocados a los procesos antes mencionados.

CAPITULO I

CARTAS DE CONTROL

CARTAS DE CONTROL

La gráfica de control fué inventada por el Dr. Walter Shewart en 1924. Al principio se le conoció como gráfica Shewart, pero a causa de su uso extensivo se suele abreviar llamandola "Gráfica o Carta de control".

CONCEPTO DE CARTA DE CONTROL

Una carta de control es una comparación gráfica de los datos de funcionamiento del proceso con límites de control calculados a partir de estos datos que se dibujan en una carta como líneas llmite. Los datos de funcionamiento del proceso suelen consistir en grupos de mediciones seleccionados de la secuencia regular de producción, conservando su orden.

Las variaciones del proceso se pueden deber a dos clases de causas: a) Aleatorias, es decir, que se deben al azar exclusivamente, y b) Asignables, es decir, debidas a causas específicas que pueden ser rastreables. En la tabla # 1 se da una descripción de las diferencias entre estas dos tipos de causas y su interpretación cuando se presentan durante el proceso. Lo ideal es que sólo estén presentes en un proceso las causas aleatorias, por que representan la mínima variación posible. Cuando un proceso funciona sin causas de variación asignables, se dice que están en un "estado de control estadístico".

TABLA NO. 1 Distinción entre causas de variación aleatorias y asignables

Causas aleatorias (causales)	Causas asignables
Descripción	
Consiste en muchas causas individuales	Consiste en una o en pocas causas individuales
Una causa aleatoria da como resultado una variación minúscula, (pero muchas causas aleatorias que actúan simultáneamente producen una variación total sustancial)	Una causa asignable puede dar como resultado una variación importante.
Como ejemplos se pueden citar: la variación humana al fijar los indicadores de control, la ligera vibración de las máquinas, la ligera variación de las materias primas.	Como ejemplos se pueden citar: un error del operario, un ajuste incorrecto, o un lote de materia prima defectuosa.
Interpretación	
La variación aleatoria no puede eliminarse del proceso económicamente.	La variación asignable puede detectarse; por lo general esta justificada económicamente la acción emprendida para eliminar las causas.
Cuando solo hay variaciones aleatorias, el proceso tiene un funcionamiento óptimo; si se producen unidades defectuosas, hay que introducir un cambio óptico en el proceso o revisar las especificaciones con objeto de reducir el número de unidades defectuosas.	Si existe variación asignable el proceso no funciona de manera óptima.
Una observación dentro de los límites de control de variación aleatoria significa que no se debe ajustar el proceso.	Una observación fuera de los límites de control suele significar que hay que investigar y corregir el proceso.
Cuando sólo hay variación aleatoria, el proceso es lo suficientemente estable como para usar procedimientos de muestreo para predecir la calidad de la producción total o para hacer estudios de optimización de proceso.	Cuando hay variación asignable, el proceso no es lo suficientemente estable como para utilizar procedimientos de muestreo con el objeto de hacer predicciones.

Un proceso que está bajo control no está solo realizando el mejor trabajo productivo posible; el estado de control permite también obtener importantes beneficios como la reducción de los reprocesos y la optimización del proceso. La obtención de estos beneficios es lo que hace tan útil la identificación y eliminación de las causas de variación asignables, y éste es el objetivo esencial en una carta de control.

La gráfica de control tiene una línea central que representa el valor medio de la característica de calidad, correspondiente al estado bajo control. En la gráfica se muestra también otras dos líneas horizontales, llamadas límite superior de control y límite inferior de control. Estos se calculan a partir de las leyes de la probabilidad, de tal forma que las variaciones aleatorias sumamente improbables se suponen debidas no a causas aleatorias, sino a causas asignables las cuales caen fuera de estos límites de control. Cuando la variación real sobrepasa los límites de control, es una señal de que las causas asignables se han introducido en el proceso y que hay que investigarlo. La variación dentro de los límites de control significa que solo actúan causas aleatorias y que no hay que intervenir en el proceso.

sin importar la distribución de la característica de calidad, es práctica común establecer los límites de control como un múltiplo de la desviación estadística representada en la gráfica. Se escoge en general el múltiplo 3 ; por lo tanto, se acostumbra utilizar los límites de control a tres veces la desviación estándar $\sigma_{\bar{x}}$ de la línea central. El uso de $\pm 3\sigma_{\bar{x}}$ significa que si solo actúan causas aleatorias , la probabilidad de que el proceso se encuentre en control será del 99.7%. Estas líneas de control son las que de manera gráfica , nos ayudan a diferenciar entre causas aleatorias y asignables.

CAPITULO II

DISEÑO DE CARTAS DE CONTROL

En los procesos de mezclado las cartas de control pueden ser adoptadas para cualesquiera de las siguientes circunstancias:

- a) Determinar si el proceso de mezclado es lo suficientemente efectivo para producir un lote de producto homogéneo que cumpla con las especificaciones establecidas.
- b) Determinar si las características de calidad de cada lote de fabricación están dentro de los límites de control.

Los pasos necesarios para implantar estos dos tipos de cartas de control son muy similares, pero hay diferencias en las fórmulas utilizadas para calcular los límites de control, en los símbolos utilizados para los estadísticos y en algunos de los conceptos de significancia.

PASOS A SEGUIR PARA DISEÑAR CARTAS DE CONTROL PARA PROCESOS DE MEZCLADO.

1. Elegir la característica a controlar en base a los siguientes criterios:
 - a) Asignar gran prioridad a las características que estén presentando más fallos en la actualidad y que repercuten directamente en la calidad o costo del producto. Las prioridades pueden establecerse por un análisis de Pareto.
 - b) Identificar las variables y condiciones del proceso que repercuten en la característica que se eligió.

c) Elija características que aporten la clase de datos necesarios para diagnosticar los problemas. Los datos por atributos (por ejemplo: el porcentaje de unidades defectuosas) proporcionan información pero pueden necesitar datos como variables como complemento (por ejemplo: temperaturas, presión, tiempo de mezclado) para diagnosticar las causas y determinar la acción a seguir.

2. Elija el tipo de carta de control. En la tabla no. 2 se comparan varias cartas de control básicas

3. Decidir la línea central que se va a usar y la base de cálculo para los límites de control. La línea central puede ser la media de los datos anteriores o la media de las medias. Los límites de control suelen fijarse a $\pm 3\sigma$.

4. Elija el subgrupo racional (Un subgrupo es una muestra de n valores). Grant y Leavenworth afirman "Los subgrupos deben elegirse de modo que tengan la máxima probabilidad de que las mediciones realizadas en cada subgrupo sean semejantes y la máxima probabilidad de que los subgrupos se diferencien entre sí". Los principales puntos a tener en cuenta al elegir los subgrupos racionales son:

a) Lotes a partir de los cuales se eligen los subgrupos. El orden de elección del lote es un factor vital para determinar si una clase de variable dada está encubierta o puesta de manifiesto. Siempre que sea posible, todos los lotes han de formarse en condiciones análogas, de manera que las piezas de los distintos lotes sean tan parecidas como sea posible.

Tabla 2. Comparación de algunas cartas de control.

Medida estadística dibujada	Medida \bar{X} y recorrido R Medida \bar{X} y desviación tipo σ Medida \bar{X} individual Suma acumulada $\Sigma(X - R_0)$	% de unidades defectuosas p Cantidad de unidades defectuosas np	Defectos por unidad u Cantidad de defectos c
Tipo de datos requeridos	Datos de variables (valores medidos de una característica)	Datos de atributos (cantidad de unidades defectuosas del producto)	Datos de atributos (cantidad de defectos por unidad de producto)
Campo general de aplicación	Control de características individuales	Control de fracción global de unidades defectuosas del proceso	Control del número global de defectos por unidad
Ventajas Significativas	<ol style="list-style-type: none"> Permite la máxima utilización de la información disponible a partir de los datos Proporciona información detallada sobre la media y la variación del proceso para controlar las dimensiones individuales 	<ol style="list-style-type: none"> Los datos necesarios están generalmente disponibles procedentes de registros de inspección Todo el personal lo entiende con claridad Proporciona una imagen global de la calidad 	Las mismas ventajas que la gráfica p, pero proporciona también una medida del grado de gravedad del defecto
Desventajas Significativas	<ol style="list-style-type: none"> No se entiende a menos que se proporcione la formación adecuada. Puede haber confusión entre los límites de control y los de tolerancia No se puede usar con datos del tipo "pasa-no pasa" 	<ol style="list-style-type: none"> No proporciona información detallada para controlar las características individuales No reconoce diferentes graduaciones de defectos del producto 	No proporciona información detallada para controlar las características individuales

El orden de elección de los lotes puede fijarse de diversas formas:

a.1. 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. Por ejemplo, el producto de diferentes operarios, diferentes máquinas, diferentes turnos, materiales, condiciones de proceso, etc., constituyen una base natural para dividir el producto en lotes y para elegir posteriormente los subgrupos de estas fuentes separadas.

a.2. Por iguales cantidades de producto producido. Esto es especialmente útil para descubrir cambios continuos tales como dilución de soluciones químicas, o desgaste de herramientas.

a.3. A intervalos de tiempo iguales. Esto es especialmente útil para descubrir causas que varían con el tiempo. La elección de los lotes a intervalos de tiempo iguales es fácil de organizar y administrar.

a.4. Evitar totalmente la identificación de los lotes y tomar sencillamente subgrupos, directamente del proceso, a intervalos de tiempo iguales o por cada lote o batch de fabricación.

b) Composición y frecuencia del subgrupo. Las muestras de cada subgrupo deben ser tomadas de diferentes partes del lote y su frecuencia deberá ser por cada lote de fabricación, ya sea en productos semiterminados o en el producto final.

c) Tamaño del subgrupo. El tamaño del subgrupo dependerá del tamaño del lote. En el capítulo siguiente se dan sugerencias sobre el tema.

CAPITULO III

TIPOS DE CARTAS DE CONTROL

TIPOS DE GRAFICOS DE CONTROL

CARTA \bar{X} y R. Desde el punto de vista de la utilización eficaz de toda la información obtenida en una serie de mediciones, lo mejor es un par de gráficas: una que muestre los valores medios de (X) y otra que muestre los valores del rango (R).

La media de un subgrupo se obtiene sumando todas las observaciones que lo componen y dividiendola entre el número de elementos del mismo:

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

El rango es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de las observaciones que componen al subgrupo:

$$R = \text{valor máximo} - \text{valor mínimo}$$

Por lo tanto la media del rango será:

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

La gráfica de valores de \bar{X} dice cuando se ha producido un cambio en la tendencia central. La gráfica de los valores de R indica cuando ha tenido lugar una ganancia o pérdida significativa en la uniformidad del lote.

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL

Una vez calculados las medias de X y de R, entonces con la ayuda de los factores del apendice 1 , se obtienen los limites de control de R

$$LCSR = D4\bar{R}$$

$$LCIR = D3\bar{R}$$

Asimismo para el calculo de los limites de control de X debe emplearse el factor A2 del apendice 1

$$LCSX = \bar{X} + A2R$$

$$LCIX = \bar{X} - A2R$$

En las fórmulas anteriores, se supone que el tamaño del subgrupo es constante y las constantes D4, D3 y A2 dependen de éste.

Los problemas típicos en los que puede aplicarse son:

- Ajuste a las especificaciones de una característica numérica.
- Desajuste de un proceso.
- Datos caros o difíciles de obtener.

El tamaño del subgrupo más recomendable para este tipo de gráficos es 4 ó 5.

Si n es superior a 10, la desviación estándar debe remplazar al rango.

CARTA \bar{X} Y S. Cuando el tamaño muestral es moderadamente grande, digamos que $n > 10$ ó 12 , el método de la amplitud R para estimar σ pierde eficiencia estadística. En estos casos es mejor reemplazar las gráficas de \bar{X} -R por las de \bar{X} y S, donde se estima la desviación estandar en vez de hacerlo en forma indirecta con R. Por lo tanto para fines de control, hay que calcular la media muestral \bar{X} y la desviación estandar muestral S para cada subgrupo.

Ya que regularmente se desconoce el valor de σ , hay que estimarlo mediante el análisis de los datos anteriores. Supongase que se tienen m muestras preliminares, cada una de tamaño n, y sea s_i la desviación estandar de la i-ésima muestra. El promedio de las m desviaciones estándares es

$$\bar{s} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i$$

La estadística S/C_4 es un estimador no sesgado de σ . Por lo tanto, los parametros del diagrama de S serán

$$LSC = \bar{s} + 3 \frac{\bar{s}}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2}$$

$$\text{Linea central} = \bar{s}$$

$$LIC = \bar{s} - 3 \frac{\bar{s}}{C_4} \sqrt{1 - C_4^2}$$

Suelen definirse las constantes

$$B3 = 1 - \frac{3}{C4} \sqrt{1 - C4^2}$$

$$B4 = 1 + \frac{3}{C4} \sqrt{1 - C4^2}$$

Por lo tanto, los parámetros del diagrama de S pueden expresarse como

$$LSC = B4\bar{S}$$

$$\text{Linea central} = \bar{S}$$

$$LIC = B3\bar{S}$$

Cuando $S/C4$ se aplica para estimar σ , es posible definir los límites de control para el diagrama de \bar{X} como

$$LSC = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{S}}{C4 \sqrt{n}}$$

$$\text{Linea central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{S}}{C4 \sqrt{n}}$$

Sea la constante $A3 = 3/(C4 \cdot \sqrt{n})$. Entonces los parámetros del diagrama de \bar{X} se convierten en

$$LSC=X+A3S$$

$$\text{Linea central} = X$$

$$LIC=X-A3S$$

Las constantes B3, B4, y A3 para la construcción de los diagramas de \bar{X} y S a partir de datos anteriores se presentan en el apéndice 1 para distintos tamaños muestrales.

Tradicionalmente, los ingenieros de control de calidad han preferido el diagrama de R en vez del de S, debido a la sencillez del cálculo de R para cada muestra. La disponibilidad actual de calculadoras de bolsillo con cálculo automático de S, han disminuido la dificultad para la utilización de este tipo de gráficos.

PROBLEMAS TÍPICOS EN LOS QUE PUEDEN APLICARSE LOS DIAGRAMAS \bar{X} -R ó DE \bar{X} y S. Hay que considerar el uso de diagramas de control de mediciones en los casos siguientes.

1. Se introduce un nuevo proceso, o se fabrica un nuevo producto mediante un proceso ya existente.
2. El proceso ha estado funcionando durante algún tiempo, pero tiene problemas crónicos o no puede cumplir con las tolerancias especificadas.
3. El proceso tiene problemas, y el diagrama de control puede ser útil para fines de diagnóstico.

4. Se necesitan pruebas destructivas u otros procedimientos de prueba costosos.
5. Es conveniente reducir al mínimo el muestreo para aceptación u otras pruebas cuando el proceso se puede manejar bajo control.
6. Procesos con especificaciones muy estrechas u otros problemas de manufactura difíciles.
7. Situaciones en que el operario debe decidir si ajusta o no el proceso.
8. Se quiere un cambio en las especificaciones del proceso.
9. Se debe mostrar continuamente la estabilidad y capacidad del proceso.

CARTA DE CONTROL PARA VALORES INDIVIDUALES DE \bar{X} *

Esta carta consiste en una gráfica de observaciones individuales, una por una y es útil cuando sólo puede obtenerse convenientemente una observación por lote o partida de material. Esto ocurre frecuentemente cuando se usa tecnología de inspección y medición automatizadas, y se analiza cada unidad fabricada. También sucede cuando la tasa de producción es demasiado lenta para permitir en forma conveniente tamaño de muestra superiores a 1, o cuando las mediciones repetidas difieren sólo debido a errores de laboratorio o de análisis, como en muchos procesos químicos. En estos casos resulta útil un diagrama de control de unidades individuales. En el procedimiento de control se emplea la amplitud móvil de dos observaciones sucesivas para estimar la variabilidad del proceso. También es posible establecer una gráfica de control para la amplitud móvil de dos observaciones sucesivas.

La gráfica de control para X es una ampliación de la gráfica de control para \bar{X} y R , usando la misma línea central de la gráfica \bar{X} .

Los procedimientos son análogos a los descritos para la gráfica \bar{X} . Los límites de control deben basarse en las mediciones de 15^{*} muestras individuales por lo menos. Las fórmulas para los límites de control son :

*Para mayor información sobre este tema referirse al manual de control de calidad de JURAN pag 730-731 "Control de proceso por métodos estadísticos"

$$LSC = \bar{X} + E_2 \bar{R}$$

$$LIC = \bar{X} - E_2 \bar{R}$$

Para rangos

$$LSCR = D_4 \bar{R}$$

$$LICR = D_3 \bar{R}$$

Los factores E_2, D_3 y D_4 dependen de n y se encuentran en el apéndice 1.

PROBLEMAS TÍPICOS EN LOS QUE PUEDE APLICARSE

- Cada lote puede evaluarse con una sola medición.
- Transcurre un espacio de tiempo largo entre las mediciones.
- Aparecen en el proceso ciclos cortos o tendencias y hay que detectarlo rápidamente.
- Se requiere una comparación directa de las mediciones dibujadas con los límites de la especificación.

Como se mencionó anteriormente el tamaño del subgrupo es de 1.

CARTA DE CONTROL PARA DATOS POR ATRIBUTOS.

Las cartas de control para datos por atributos solo requieren de contar las observaciones de una determinada característica.

CARTA DE CONTROL PARA FRACCIÓN DE UNIDADES DEFECTUOSAS p .

Este tipo de cartas es especialmente útil cuando las

pruebas son del tipo "pasa no pasa", pero tambien puede usarse cuando se registran mediciones hechas con una escala determinada. En este caso, p es la fracción de valores medidos que caen fuera de uno o más límites. Este tipo de gráficas da buenos resultados para procesos muy mecanizados o predominantemente manuales.

Este tipo de gráficas es menos sensible que las gráficas por variables y no es tan útil para diagnosticar causas. Su valor estriba en que proporciona información para cuando es necesario mejorar la calidad.

La fracción de unidades defectuosas puede usarse con respecto a una única característica de calidad o con respecto a dos o más características consideradas colectivamente. Aquí debe establecerse una distinción entre defecto y unidad defectuosa. Un defecto es un caso de no cumplimiento a alguna especificación, mientras que una unidad defectuosa es un elemento que contiene uno o más defectos.

Los límites de control para este tipo de datos son :

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

donde :

\bar{p} es el total de unidades defectuosas en todas las muestras, dividido por el total de unidades que hay en todas las muestras.

n es el numero de unidades de cada subgrupo.

Si es posible las muestras deben ser lo suficientemente grandes como para que el hecho de que no se encuentre ningún defecto en el subgrupo indica una mejora significativa con respecto a la norma.

CARTA DE CONTROL PARA DEFECTOS POR UNIDAD u

La carta de control para u es de la misma utilidad cuando pueden aparecer varios defectos independientes en una unidad del producto.

Las fórmulas para las líneas para el control de esta carta son:

$$LSC = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$
$$LIC = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

donde \bar{u} representa el número promedio observado de no conformidades por unidad en un conjunto preliminar de datos y n es el número de unidades de cada subgrupo.

CARTA DE CONTROL PARA LA CANTIDAD DE DEFECTOS c .

Este tipo de cartas es equivalente a la carta de control par u y se utiliza para cuando el tamaño de n es el mismo, es particularmente eficaz cuando la cantidad de defectos posibles en una unidad es grande pero el porcentaje correspondiente a un sólo defecto es pequeño.

Las fórmulas correspondientes a las líneas de control son :

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

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

donde \bar{c} es la media observada del número de defectos en una muestra preliminar de unidades de inspección.

PROBLEMAS TÍPICOS EN LOS CUALES PUEDE APLICARSE LAS CARTAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS (de p, c y u). Debe considerarse el uso de las gráficas de control de atributos en los casos siguientes:

1. Los operarios controlan las causas atribuibles, y es necesario reducir el rechazo del proceso.
2. El proceso es una operación de montaje complicada, y la calidad del producto se mide en términos de la ocurrencia de disconformes, del funcionamiento exitoso o fallido del producto, etc.
3. Se necesita un control de proceso, pero no se puede obtener datos de mediciones.
4. Casos en los que se necesita un resumen histórico del funcionamiento del proceso. Los diagramas de control por atributos son muy eficaces para resumir información con respecto al proceso desde el punto de vista de la administración

Los tamaños de subgrupo para este tipo de cartas son:

Gráfica p : $n > 50$ o $np \geq 4$

Gráfica u : 1 o más (pero el tamaño de los subgrupos ha de ser constante).

Gráfica c : 1 o más (pero el tamaño de los subgrupos ha de ser constante).

CONTROL INICIAL Y EN EL FUTURO.

Para los procesos de mezclado por lotes, las cartas de control se pueden utilizar para:

- a) Conocer si un proceso es lo suficientemente eficaz para producir las especificaciones en cada una de sus partes y una vez obteniendo esto:
- b) Mantener en estado de control por cada lote que se fabrique.

CONSTRUCCION DE UNA CARTA DE CONTROL PARA DEFINIR LA HOMOGENEIDAD DEL LOTE.

Aquí el problema de la carta consiste en probar que el lote de fabricación es lo suficientemente homogéneo.

El procedimiento es el siguiente:

- a) Una vez que se ha elegido la característica a controlar según el criterio del capítulo I, tomar una serie de subgrupos de diferentes partes del lote. El número de subgrupos dependerá del tamaño del lote.

Si al tomar muestras del lote resulta un proceso complicado se podrán obtener una vez que el producto se ha envasado.

- b) Durante la recopilación de estos datos es necesario dejar constancia de todos los cambios que ocurran durante el proceso, por ejemplo: proveedor de materia prima, operarios, condiciones de proceso.

c) Calcular límites de control provisionales a partir de esos datos.

d) Señalar en el gráfico los datos con respecto a los límites de control provisionales para determinar si hay muestras "fuera de control".

e) Si no hay puntos fuera de control, se dice que el lote es lo suficientemente homogéneo y está abierto el camino para proponer una carta de control que ayude a mantener el control en la fabricación futura y dando por hecho que tomando un sólo subgrupo de n muestras por cada lote de fabricación será representativo de todo el lote.

f) Si se demuestra que el proceso está "fuera de control" el camino está abierto para investigar los puntos que están fuera de control, descubrir y eliminar las causas asignables y volver a probar el proceso para ver si se ha alcanzado un estado de control. Y por lo tanto probar que el lote es homogéneo.

CONSTRUCCION DE UNA CARTA DE CONTROL PARA MANTENER EL CONTROL EN EL FUTURO.

La mayor parte de los procesos industriales resultan no estar bajo control cuando se los analiza por primera vez con métodos que utilizan cartas de control.

Por lo tanto es común encontrar al principio muchos puntos fuera de los límites de control. A veces es posible averiguar la razón de algunos de estos casos de falta de control y poner en práctica la acción adecuada para remediarlo. (Es útil escribir directamente en la carta la explicación encontrada para esos puntos fuera de control).

Después de aplicar alguna acción correctiva a un proceso, hay que recopilar un nuevo conjunto de datos, volver a calcular los límites de control estadístico y dibujar los nuevos datos con respecto a estos límites revisados. (Aun cuando no se tenga conocimiento de que se han producido cambios en el proceso, es una buena idea calcular periódicamente el valor medio global correspondiente a una gráfica, por ejemplo cada 25 subgrupos, y compararlo con los datos anteriores.)

Si se han corregido las causas de variación originales, pero es difícil recopilar un nuevo conjunto de datos para los límites futuros, es aceptable retirar, del conjunto de datos original, los subgrupos que estaban fuera de control y, volver a calcular los límites con respecto a los cuales se han de registrar los nuevos datos recopilados. Este ciclo de retirar los datos afectados y volver a calcular los límites puede repetirse, hasta que el proceso alcance finalmente el estado de control (el control se obtiene a menudo gradualmente). Si la banda de control es lo suficientemente estrecha y está en una posición satisfactoria con respecto a los límites de la especificación, el proceso está listo para pasar a la siguiente etapa : control con respecto a una norma dada.

CONTROL CON UNA NORMA DADA.

Quando un proceso está bajo control se dispone de datos acerca de cual es el nivel esperado del proceso y cual es la dispersión esperada, entonces es posible establecer el rango de variación esperado para el proceso.

Este rango de variación esperado se convierte entonces en la norma con respecto a la cual se comparan las muestras subsiguientes para descubrir la aparición de causas significativas de variación.

La utilización del rango de variación esperado como norma servirá para descubrir cambios significativos en el proceso. Ahora bien, el que estos cambios causen defectos o no, es otro asunto y depende de la relación existente entre los límites especificados para el producto y los límites de control.

Los datos procedentes del proceso son los valores medios reales y se designan como:

$$\text{Media total} = \bar{\bar{X}}$$

$$\text{Fracción media de unidades defectuosas} = \bar{p}$$

$$\text{Cantidad media de defectos} = \bar{c}, \text{ etc.}$$

Si se usan estos factores para especificar los valores futuros esperados para el proceso entonces se designan simplemente esas mismas cantidades como valores "normales", sustituyendo la barra por el símbolo "prima", de manera que:

$$\text{Media esperada o "normal"} = \bar{X}'$$

$$\text{Fracción de unidades defectuosas esperada o normal} = p'$$

$$\text{Cantidad de defectos esperada, o normal} = c'$$

Si en los datos anteriores no son precisamente iguales a la norma deseada, pueden fijarse aún límites de control basados en la norma deseada, pero sólo si existe evidencia o alguna razón verdadera para creer que puede lograrse el valor \bar{X} normal.

Estos valores normales son para todo el material que se ha de fabricar, es decir que son valores deseados para la población. Como el rango teóricamente esperado en una población normal es infinitamente amplio, es necesario adoptar alguna otra medida como norma para la dispersión. La medida σ' que es igual a \bar{R}/d_2 ó s/\bar{c}_4 es la que se usa habitualmente.

La tabla 3 incluye una lista completa de valores y límites de control.

Se pueden aplicar las directrices anteriores tanto a diagramas de control de mediciones como de atributos. Recordemos que los diagramas de control no solamente se usan para vigilar procesos, y que habría que usarlos como un método activo, en línea, para reducir la variabilidad del proceso.

TABLA 3 FACTORES DE LAS CARTAS PARA CONTROL CON RESPECTO A UNA NORMA DADA

SI, PARA EL PROCESO CONTROLADO	ENTONCES EN UNA CARTA PARA MANTENER EL CONTROL SEGUN UNA NORMA DADA							
	LA LINEA CENTRAL ESTARA EN	LA LINEA LIMITE INFERIOR ESTARA EN	LA LINEA LIMITE SUPERIOR ESTARA EN					
LA MEDIA ES \bar{X}	\bar{X} (AHORA LLAMADA \bar{X}')	$\bar{X}' - A\sigma'$	$\bar{X}' + B\sigma'$					
LA FRACCION DE UNIDADES DEFECTUOSAS ES P	\bar{P} (AHORA LLAMADA P')	$P' - 3\sqrt{\frac{P'(1-P')}{n}}$	$P' + 3\sqrt{\frac{P'(1-P')}{n}}$					
LA CANTIDAD DE DEFECTOS ES C	\bar{C} (AHORA LLAMADA C')	$C' - 3\sqrt{C'}$	$C' + 3\sqrt{C'}$					
LA DESVIACION TIPO ES σ	$\bar{\sigma}$ (AHORA LLAMADA $C_2\sigma'$)	$B_1\sigma'$	$B_2\sigma'$					
EL RECORRIDO ES \bar{R}	\bar{R} (AHORA LLAMADO $d_2\sigma'$)	$D_1\sigma'$	$D_2\sigma'$					
n	A	C_2	B_1	B_2	d_2	D_1	D_2	n
2	2.121	0.5642	0	1.843	1.120	0	3.686	2
3	1.732	0.7236	0	1.838	1.693	0	4.338	3
4	1.500	0.7979	0	1.880	2.059	0	4.698	4
5	1.342	0.8487	0	1.756	2.326	0	4.918	5
6	1.225	0.8686	0.026	1.711	2.534	0	5.078	6
7	1.134	0.8802	0.105	1.672	2.704	0.205	5.203	7
8	1.061	0.9027	0.167	1.638	2.847	0.387	5.307	8
9	1.000	0.9139	0.219	1.609	2.978	0.546	5.394	9
10	0.949	0.9227	0.262	1.584	3.078	0.687	5.469	10

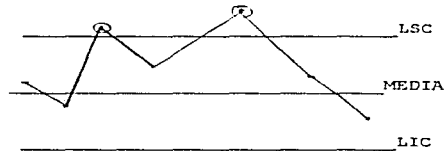
CAPITULO IV

INTERPRETACION DE CARTAS DE CONTROL

INTERPRETACION DE CARTAS DE CONTROL

A continuación se proporciona una guía en la interpretación de patrones de inestabilidad en una carta de control (procesos fuera de control estadístico). las interpretaciones se sitúan en los intervalos de tiempo a los que corresponden los puntos que señalan los patrones analizados. Al hacer referencia a medias en esta guía se entiende por ellos a los valores medios de la variable en cuestión, la que puede ser el valor de la medida de centralización (media \bar{X} , mediana M), de la medida de dispersión (rango R o desviación estandar) o los valores de p, c, y u. El crecimiento o decrecimiento de cada uno de ellos tiene un significado diferente conforme a los conceptos de cada uno de ellos, discutidos a lo largo de este capítulo.

1.-Puntos por encima del limite superior de control.

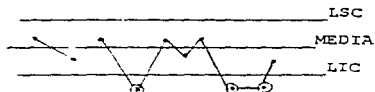


Pueden ser indicativos de alguna de las siguientes condiciones

-Hay errores de medición, de cálculo o trazo.

-Existió alguna condición desfavorable para el proceso, cuya recurrencia debe evitarse mediante una acción preventiva permanente.

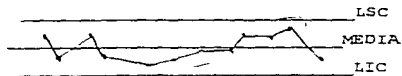
2.-Puntos por debajo del limite inferior de control



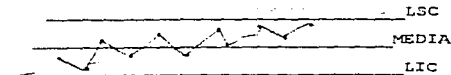
Indican que puede existir lo siguiente:

- Errores de medición, calculo o trazo.
- Al tratarse de una carta de control por variables pueden existir condiciones no favorables al proceso, lo cual debe evitarse mediante acciones preventivas durante todo el proceso.
- Al tratarse de una carta de control por atributos, alguna condición fué favorable al proceso, por lo cual su contenido puede emplearse como medida preventiva durante todo el proceso.

3. Una tendencia ascendente en puntos sucesivos (generalmente 7 u 8 puntos).



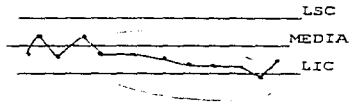
quizá otro tipo de tendencia ascendente.



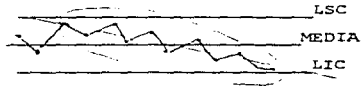
Al tratarse de cartas de control por variables indica que la media del proceso aumentó.

Al tratarse de cartas de control por atributos indica que el proceso empeoró.

4.- Una tendencia descendente en puntos sucesivos (generalmente 7 u 8 puntos).



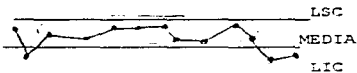
quizá otro tipo de tendencia descendente.



Al tratarse de cartas de control por variables, indica que la media del proceso disminuyó.

Al tratarse de cartas de control por atributos, indica que el proceso mejoró.

5.- Puntos sucesivos por debajo o por encima de la media (generalmente 7 u 8).



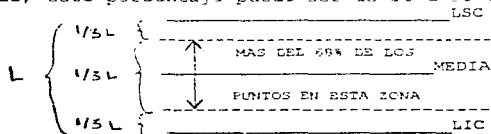
Al tratarse de cartas de control por variables, significa que la media del proceso aumentó o disminuyó según la figura.

Al tratarse de cartas de control por atributos, indican que existe una mejora en el proceso o que éste empeoró, según la figura.

Existen otros patrones de comportamiento del proceso los cuales indican con anticipación que la media del proceso es favorable o no a este, y no necesariamente se trata de 7 u 8 puntos.

6.- Distribuciones de puntos inconsistentes con el teorema de Tchebysheff, la regla empírica y la distribución normalizada Z.

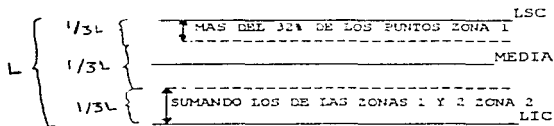
a) Si la distribución de puntos hace que más del 68% de ellos caiga en el tercio medio de la distancia entre los límites de control (para poblaciones pequeñas, del orden de 20 a 30 muestras, este porcentaje puede ser de 80 a 90 %).



puede significar que :

- Existen errores de medición, cálculo o trazo en las muestras.
- Las lecturas dispersas se cambiaron en los registros o que los datos fuerón forzados
- El método de muestreo fue inadecuado. Es conveniente seleccionar un método de muestreo consistente, que permita que las muestras sean comparables.

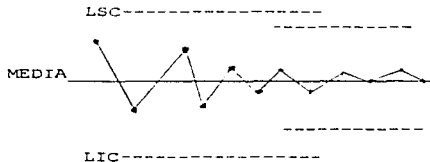
Del criterio anterior, se tiene que no deben existir más del 32% de los puntos en los tercios exteriores de la distancia entre los límites de control. (Para poblaciones pequeñas ,el orden de 20 a 30 muestras, este porcentaje puede ser de 10 a 20 %)



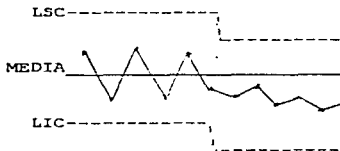
7.- Los criterios del punto no. 6 indican que si predominan puntos en un tercio exterior respecto al otro, quiere decir que la media del proceso ha aumentado o disminuido.

Si se trata de cartas de control por atributos indica que el proceso ha empeorado o mejorado, según la gráfica.

8.- En cartas de control por variables, una reducción en los límites de control, respecto a la medida de centralización o a los individuos (\bar{X} , M o \bar{X}), lo que además implica una reducción de los límites de control en la medida de dispersión (R o S), indican una mejora en la habilidad del proceso, siempre que el mismo esté centrado o se logre centrar.



Comportamiento de las medias de centralización



Comportamiento de las medias de dispersión

La mala interpretación de los gráficos de control puede conducir a conclusiones y acciones correctivas erróneas de parte del personal de operación e incluso de supervisores y directores.

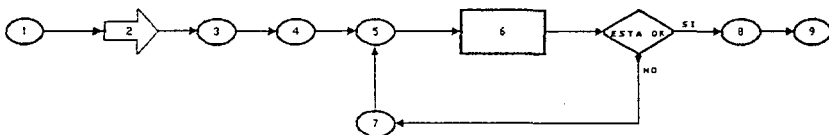
El problema es de identificación de patrones: es decir, reconocer patrones sistemáticos o no aleatorios en el diagrama de control, y encontrar la razón de este comportamiento. La capacidad de interpretar un patrón particular en términos de causas atribuibles requiere de experiencia y conocimiento del proceso. O sea, no solamente hay que entender los principios estadísticos de los diagramas de control, sino también tener una buena comprensión del proceso.

CAPITULO V

APLICACIONES

Una empresa que fabrica tintas para la industria de las artes gráficas, requiere de mejorar su calidad y eficientar el proceso. Los procesos de fabricación son por batches de 300 Kg cada uno y el producto terminado se envasa en latas de 2.5 Kg.

El diagrama de flujo del proceso es el siguiente:

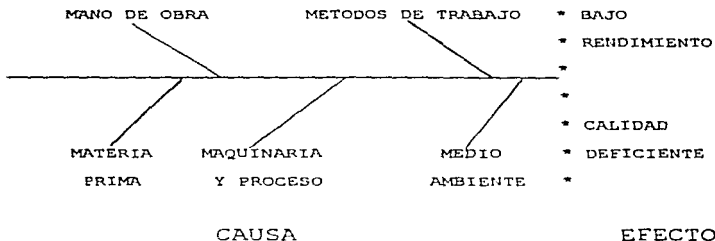


- 1 INICIO
- 2 ALMACEN TRANSPORTA MATERIA PRIMA A PRODUCCION
- 3 LOS BARNIZES, PIGMENTOS Y ADITIVOS SE AGREGAN A UN CAZO Y SE MEZCLAN
- 4 EL PRODUCTO PASA POR MOLINO DE RODILLOS A CIENTAS CONDICIONES DE PRESION Y TEMPERATURA
- 5 EL PRODUCTO ES RECIBIDO EN OTRO CAZO Y SE MEZCLA NUEVAMENTE
- 6 LABORATORIO INSPECCIONA EL PRODUCTO
- 7 LABORATORIO ORDENA AJUSTE AL PRODUCTO
- 8 EL PRODUCTO SE ENVASA
- 9 FIN

Para lograr las metas arriba mencionadas, se reunieron los departamentos de Control de Calidad, Producción e Investigación y Desarrollo, los cuales mediante un diagrama de causa-efecto definieron las causas que afectaban en la calidad y por ende, la falta de eficiencia en el proceso.

A continuación se explica lo que esta empresa llevó a cabo y los logros que consiguió.

1o) Se definieron las causas de la no calidad utilizando un diagrama causa-efecto que partio de la siguiente base:



2o) Se enumeraron los siguientes efectos en cuanto a la baja de rendimiento del proceso:

- a) Demasiados ajustes para llegar al producto final
- b) Demasiado tiempo muerto en la maquinaria
- c) Muchos reprocesos del producto terminado lo que significaba el desperdicio de los envases que lo contenian.

En cuanto a la deficiencia en la calidad se encontró que las características mas afectadas fueron:

- a) Color de la tinta
 - Diferencias significativas en el color con respecto al estándar del cliente
 - Falta de uniformidad de cada lote de fabricación
 - Falta de uniformidad entre lotes subsecuentes
- b) Tamaño de partícula de la tinta

Después de varias reuniones, se determinaron las causas que afectaban la calidad y la baja productividad, así como las acciones a realizar para cada una de ellas.

1) Para materia prima:

causas

-Variaciones entre los lotes de pigmento que eran recibidos por la empresa.

acciones

-Se estableció en forma conjunta con el proveedor de pigmentos, un estándar de referencia para cada color y las especificaciones correspondientes, las cuales fueron:

DELTA E (DIFERENCIA EN COLOR Vs ESTANDAR): MENOR A 150
TAMAÑO DE PARTICULA: MENOR A DOS MICRAS

-A continuación se eligió un lote de pigmento al azar y se tomaron 30 muestras de diferentes costales (2 muestras por costal). Se determinó la variación del color con respecto al estándar, además del tamaño de partícula. los resultados de este muestreo fueron:

COSTAL	TAMAÑO DE PARTICULA				DIFERENCIA EN COLOR Vs ESTANDAR			
	HUESTRAS 1	HUESTRAS 2	\bar{X}	R	HUESTRAS 1	HUESTRAS 2	\bar{X}	R
1	0.9	0.8	0.85	0.1	0.23	0.20	0.215	0.03
2	1.3	1.3	1.3	0.0	0.41	0.40	0.405	0.01
3	2.1	2.0	2.05	0.1	0.35	0.32	0.335	0.03
4	0.7	0.6	0.65	0.1	0.52	0.41	0.465	0.11
5	0.9	0.5	0.7	0.4	0.21	0.21	0.21	0.00
6	0.9	0.9	0.9	0.0	0.20	0.19	0.195	0.01
7	1.7	1.9	1.8	0.2	0.32	0.33	0.325	0.01
8	1.9	1.9	1.9	0.0	0.15	0.21	0.18	0.06
9	0.5	0.4	0.45	0.1	0.37	0.40	0.385	0.03
10	1.8	1.5	1.65	0.30	0.39	0.40	0.395	0.01
11	1.3	1.3	1.3	0.0	0.31	0.27	0.29	0.04
12	1.1	0.9	1.00	0.20	0.27	0.29	0.28	0.02
13	0.9	1.2	1.05	0.30	0.35	0.30	0.325	0.05
14	1.7	1.7	1.7	0.0	0.31	0.33	0.32	0.02
15	1.8	1.6	1.7	0.2	0.19	0.17	0.175	0.01

$$\text{MEDIA TOTAL PARA TAMAÑO DE PARTICULA} = \frac{X_1 + \dots + X_{15}}{15}$$

$$= \frac{19}{15} = 1.27$$

$$\text{RANGO PROMEDIO} = \frac{R_1 + \dots + R_{15}}{15}$$

$$= \frac{2}{15} = 0.13$$

$$\text{LSCH} = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad \text{COMO PARA } n=2 \quad A_2 = 1.88$$

$$\text{LSCH} = 1.27 + (1.88)(0.13) = 1.51$$

$\text{LICR} = \bar{X} - A_2 \bar{R}$
EN ESTE CASO ES CERO YA QUE EL LIMITE DE ESPECIFICACION INFERIOR ES CERO

$$\text{LICR} = 0$$

$$\text{LSCR} = D_4 \bar{R} \quad \text{LICR} = D_3 \bar{R}$$

$$\text{PARA } n=2 \quad D_4 = 3.268 \quad D_3 = 0$$

$$\text{LSCR} = (3.268)(0.13) = 0.42 \quad \text{LICR} = 0$$

REALIZANDO CALCULOS SIMILARES PARA DIFERENCIA DE COLOR DE TENEDOS LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

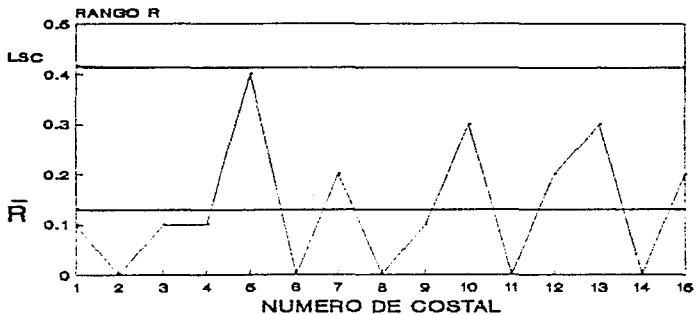
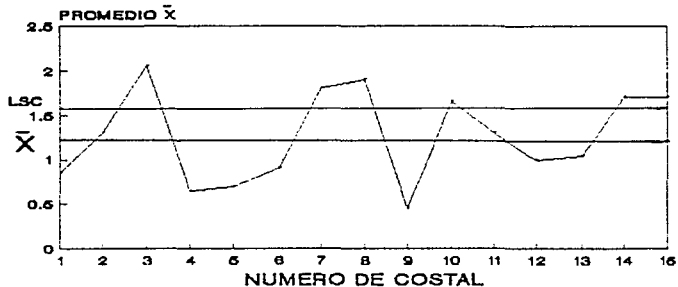
$$\text{MEDIA TOTAL PARA } \Delta E = 0.30$$

$$\text{RANGO PROMEDIO} = 0.03$$

$$\text{LSCH} = 0.36 \quad \text{LICR} = 0$$

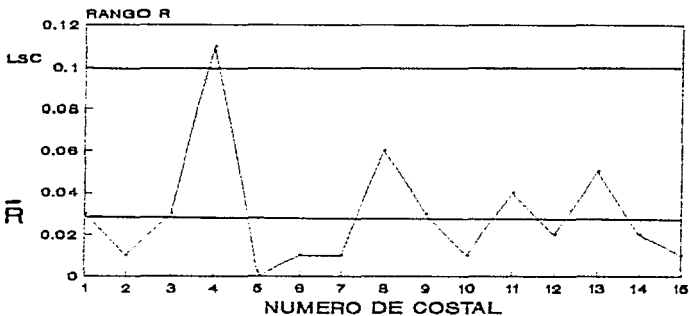
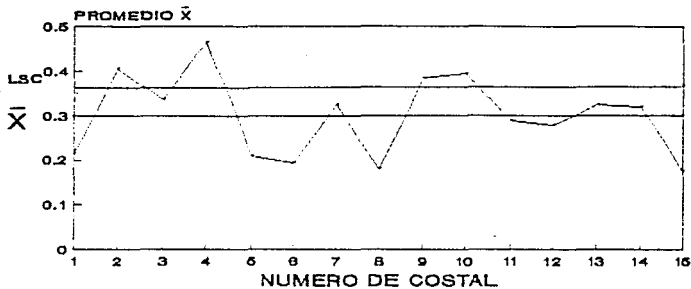
$$\text{LSCR} = 0.10 \quad \text{LICR} = 0$$

GRAFICA X-R TAMAÑO DE PARTICULA



GRAFICA X-R

DIFERENCIA DE COLOR DELTA E



Conclusiones derivadas de la gráficas obtenidas:

1o) En la gráfica para diferencia de color tenemos 4 puntos fuera del límite superior de control para el promedio \bar{X} , esto nos podría indicar una falta de uniformidad en el lote de pigmento, sin embargo como ninguno de ellos supera el límite superior de especificación (0.50) solo se pidió al proveedor que fijara la media de su producto en 0.25 para evitar que el producto saliera de especificación.

En cuanto a la gráfica de R, solo se tenía un punto fuera del límite superior de especificación, se investigó y se concluyó que había sido un análisis mal realizado.

2o) En cuanto al tamaño de partícula se observó que si existían varios puntos fuera de control, además que la media de toda las muestras estaba un poco más arriba de su valor ideal de 1.0. Esto se comentó con el proveedor para que en los lotes subsecuentes tratara de centrar su producto a ese valor, ya que de lo contrario el producto se rechazaría.

2) Para mano de obra y métodos de trabajo

causas

-Falta de experiencia en los métodos de análisis por parte del personal del laboratorio.

- Falta de uniformidad entre los resultados de los análisis realizados por el personal de laboratorio.
- No existían procedimientos de fabricación para los productos, sólo se contaba con la experiencia de los operadores.
- No había programas de capacitación

acciones

- Se estableció un programa de capacitación dirigido al personal de producción ,según su departamento y área de trabajo.

- El jefe de producción sería el encargado de elaborar los procedimientos de fabricación de los productos, tomando en cuenta la experiencia de los operarios.
- Se establecieron estudios de repetibilidad y reproducibilidad con los analistas ,utilizando los equipos e instrumentos de laboratorio , para conocer que personas tenían mas variaciones en los resultados de los análisis y/o que equipos no eran consistentes en sus resultados.
- De esta manera se detectaron los equipos que necesitaban mantenimiento y que personas era necesario capacitarlos en los métodos de trabajo.

3) Para maquinaria , proceso y producto terminado

causas

- No existe ningún tipo de control en el proceso, sólo se trabaja en base a la experiencia de los operarios.
- Los registros de los parámetros del proceso no eran utilizados para ningún fin.

acciones

- Se establecieron los puntos de control del proceso y los intervalos en los cuales se debía mantenerse, a saber :
 - a) El tiempo inicial de mezclado de barnices pigmentos y aditivos debería ser de 15 minutos.
 - b) El número de pasadas por molino debiera ser de 2
 - c) La presión entre los rodillos del molino debiera mantenerse entre 40 a 45 Bars y la temperatura entre 35 a 45 °C.
 - d) El tiempo final de mezclado de la tinta después del pase por molino o de un ajuste debiera ser de 15 minutos.

-Se eligió a un producto en particular para iniciar con el control estadístico del proceso y producto terminado. Si daba resultado, se aplicaría a todos los productos de la planta. Este producto fue el rojo azulado 3015. La especificación que se pretendía era de 0-2 micras para el tamaño de partícula y de 0-0.50 para la diferencia en color con respecto al estándar (Delta E).

Se tenían los siguientes datos de los últimos 15 lotes de fabricación:

LOTE	PARAMETROS DEL PROCESO				RESULTADOS EN PRODUCTO ENVASADO	
	TIEMPO INICIAL MEZCLA MIN	TIEMPO FINAL MEZCLA MIN	TEMPER EN MOLINO °C	PRES. EN MOLINO PARS	DIFERENCIA EN COLOR V% ESTANDAR ΔE	TAMANO DE PARTICULA MECRAS
301	9	13	29	38	1.28	4.8
302	11	11	37	48	0.68	3.8
303	15	9	25	50	0.93	7.8
304	10	13	40	37	0.43	6.8
305	9	10	45	45	0.21	2.8
306	10	12	25	47	0.97	8.8
307	15	13	38	50	0.75	5.8
308	14	10	47	37	0.50	5.8
309	11	14	45	42	0.10	1.8
310	9	10	32	48	0.75	3.8
311	12	11	29	35	1.1	7.8
312	15	12	25	38	1.5	7.8
313	12	12	25	32	1.32	5.8
314	10	9	32	38	1.2	5.8
315	13	10	37	48	0.65	4.8

Como se puede apreciar en la tabla anterior, se tenían los registros correspondientes del proceso, pero no se llevaba ningún control. Después de establecer los parámetros del proceso mencionados anteriormente, se dió seguimiento a los 10 lotes siguientes los cuales arrojaron estos resultados:

LOTE	PARAMETROS DEL PROCESO				RESULTADOS EN PRODUCTO ENVASADO	
	TIEMPO INICIAL MEZCLA	TIEMPO FINAL MEZCLA	TEMPER EN MOLINO	PRES. EN MOLINO	DIFERENCIA EN COLOR vs ESTANDAR DE	TAMAÑO DE PARTICULA MICRAS
315	15	20	35	42	0.52	2.5
316	15	20	37	45	0.43	3.0
317	15	20	45	43	0.39	2.0
318	15	20	36	40	0.51	3.5
319	15	20	45	45	0.21	2.0
320	15	20	43	43	0.25	1.5
321	15	20	35	40	0.65	4.0
322	15	20	42	41	0.15	1.0
323	15	20	45	42	0.10	1.0
324	15	20	38	45	0.42	3.0

Con estos 25 lotes se decidió establecer una carta de control de valores individuales. Como sólo se tomaba una muestra por cada lote, se decidió organizar los subgrupos utilizando rangos móviles (es decir, rangos de mediciones consecutivas). De esta manera se forman los subgrupos incluyendo la última medición y eliminando la más antigua. Con este criterio los datos se acomodan de la siguiente manera :

SUBGRUPO	TAMAÑO DE PARTICULA			DIFERENCIA EN COLOR V± ESTANDAR		
	PARES CONSECUTIVOS		RANGO MOVIL	PARES CONSECUTIVOS		RANGO MOVIL
	1	2		1	2	
1	4.0	3.0	1.0	1.20	0.60	0.60
2	3.0	7.0	4.0	0.69	0.93	0.33
3	7.0	6.0	1.0	0.33	0.43	0.50
4	6.0	2.0	4.0	0.43	0.21	0.22
5	2.0	0.0	6.0	0.21	0.07	0.66
6	0.0	5.0	3.0	0.37	0.75	0.12
7	5.0	5.0	0.0	0.75	0.50	0.17
8	5.0	1.0	4.0	0.50	0.10	0.40
9	1.0	3.0	2.0	0.10	0.75	0.57
10	3.0	7.0	4.0	0.75	1.1	0.35
11	7.0	7.0	0.0	1.1	1.5	0.40
12	7.0	5.0	2.0	1.5	1.32	0.10
13	5.0	5.0	0.0	1.32	1.2	0.12
14	5.0	4.0	1.0	1.2	0.65	0.55
15	4.0	2.5	1.5	0.65	0.52	0.13
16	2.5	3.0	0.5	0.52	0.43	0.09
17	3.0	2.0	1.0	0.43	0.39	0.04
18	2.0	3.5	1.5	0.39	0.51	0.12
19	3.5	2.0	1.5	0.51	0.21	0.30
20	2.0	1.5	0.5	0.21	0.25	0.04
21	1.5	4.0	3.5	0.25	0.65	0.40
22	4.0	1.0	3.0	0.65	0.15	0.50
23	1.0	1.0	0.0	0.15	0.10	0.03
24	1.0	3.0	2.0	0.10	0.42	0.24

$$\begin{aligned} \text{MEDIA DE TAMAÑO DE PARTICULA} &= \frac{X_1 + \dots + X_n}{24} \\ &= \frac{92.5}{24} = 3.85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RANGO PROMEDIO} &= \frac{R_1 + \dots + R_n}{24} \\ &= \frac{46}{24} = 1.92 \end{aligned}$$

$$LSC_x = \bar{X} + E \bar{R} \quad \text{COMO PARA } n=2 \quad E_2 = 2.66$$

$$LSC_x = 3.85 + (2.66)(1.92) = 0.96$$

$$LIC_x = \bar{X} - E \bar{R} \quad \text{EN ESTE CASO ES CERO YA QUE EL LIMITE DE ESPECIFICACION INFERIOR ES CERO}$$

$$LSC_n = D_4 \bar{R} \quad LIC_n = D_3 \bar{R}$$

$$\text{PARA } n=2 \quad D_4 = 3.268 \quad D_3 = 0$$

$$LSC_n = (3.268)(1.92) = 6.28 \quad LIC_n = 0$$

REALIZANDO CALCULOS SIMILARES PARA DIFERENCIA DE COLOR ΔE TENEMOS LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

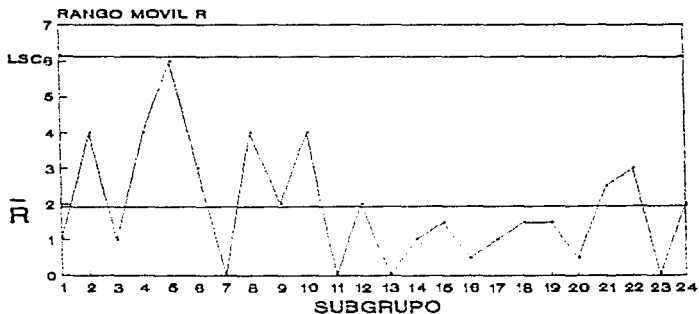
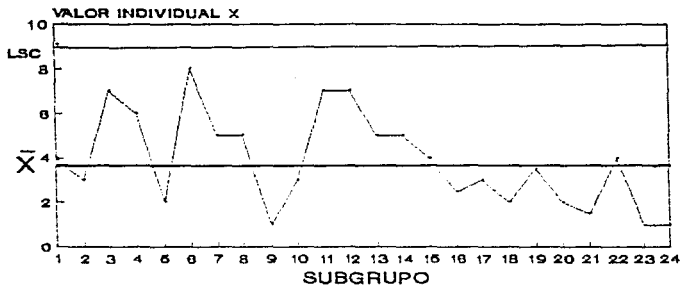
$$\begin{aligned} \text{MEDIA TOTAL PARA } \Delta E &= 0.65 \\ \text{RANGO PROMEDIO} &= 0.29 \end{aligned}$$

$$LSC_x = 1.42 \quad LIC_x = 0$$

$$LSC_n = 0.95 \quad LIC_n = 0$$

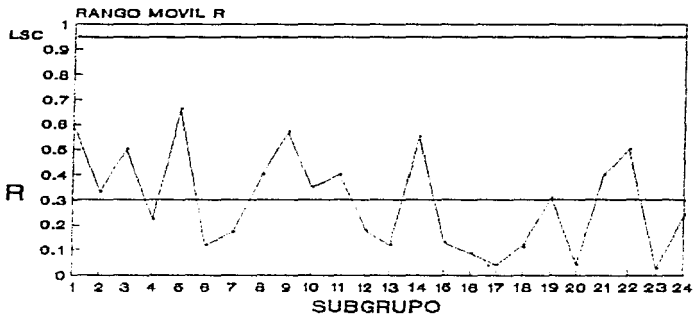
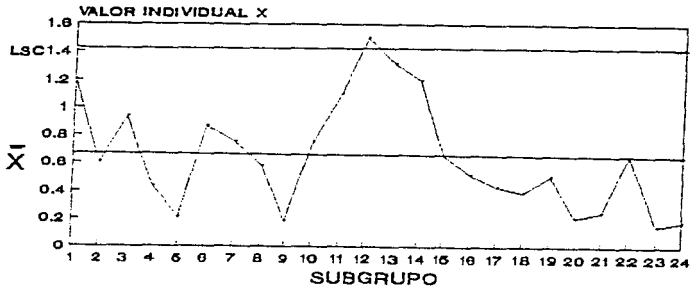
Las graficas correspondientes son:

GRAFICA X-R TAMAÑO DE PARTICULA



GRAFICA X-R

DIFERENCIA DE COLOR DELTA E



Conclusiones derivadas de las gráficas anteriores:

1o) Para las gráficas X-R, tanto de tamaño de partícula como de diferencia de color, se observan que no hay puntos fuera de los límites de control, sin embargo, existen un gran número de ellos que están por arriba de las especificaciones buscadas

2o) En las gráficas para valores individuales de X, se observan más de 7 puntos consecutivos por abajo de la línea central lo que indica un decremento en la media del proceso. Esto ocurrió a partir del lote número 15.

Ya que nuestra meta inicial para tamaño de partícula es de 0-2 micras y para la diferencia de color vs el estándar es de 0-0-.50 en Delta E, se podría hablar de una mejora en la calidad del producto a partir del lote número 15 .

3o) En la gráfica para rangos móviles se observan tendencias similares a las anteriores. Esto indica una disminución entre la variación de la calidad entre lote y lote.

4o) Como sabemos que a partir de lote número 15 se presentó el ajuste en el proceso, podemos asumir que esto contribuyó en gran medida a una mejora sustancial en la variación de la calidad, entre lote a lote, de las características del producto, además de que se logró un decremento en la media del proceso lo que significa que nos acercamos más a las metas propuestas para las especificaciones del producto.

5o) Lo que resta por hacer es seguir disminuyendo el rango de variación de la temperatura y presión en el proceso, obtener los resultados de las características de calidad de la tinta y graficarlos para concluir que condiciones son las ideales para lograr las metas de especificación señaladas anteriormente.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Debido a los resultados obtenidos con la aplicación de las cartas de control, pudimos comprobar su utilidad en la mejora de la dispersión de los procesos tipo batch. Esta mejora se presentó mas rápido de lo que se esperaba, ya que el proceso sólo necesitó de especificar condiciones de fabricación y de operación para desempeñarse correctamente.

Las cartas de control demostraron las mejoras sustanciales del proceso con una disminución en la dispersión del tamaño de partícula y en el color de la tinta.

Tal vez lo verdaderamente interesante de este problema fue el conocer que tipo de cartas de control son las más aplicables para los procesos por batch, ya que por lo regular, la mayoría de los textos de control estadístico de procesos estudian procesos continuos y están enfocados principalmente al Area metal-mecánica.

Por otro lado y en este caso en particular, para nuestro ejemplo real de tintas para la industria de las artes gráficas, se tuvo que convencer a todo el personal involucrado en el proceso productivo de la utilidad de dichas cartas, porque siempre que se intenta innovar y esta innovación trae consigo algun cambio en la forma de trabajo rutinario, se encuentra la apatia de las personas que estan acostumbradas a su forma de trabajo es decir, a sus tiempos y movimientos.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Tal vez éste sea el principal obstáculo en la implementación del Control Estadístico del Proceso en cualquier empresa y por lo tanto la habilidad y la preparación de la o las personas encargadas de implementarlo tendrá mucho que ver con el éxito o fracaso del mismo. Esta habilidad será adquirida con la experiencia y con una adecuada capacitación. La gente inexperta suele cometer errores al utilizar las cartas de control al interpretarlas y al darles seguimiento.

Esto se debe principalmente, a su falta de una clara comprensión de las teorías estadísticas y de los modelos estructurales. Esto puede echar por la borda los planes del establecimiento de cartas de control ya que crearía una gran desconfianza de las personas involucradas.

Para finalizar debo decir que el uso de los métodos estadísticos y en particular el de las cartas de control, tienen que llegar a ser un asunto de sentido común y de conocimiento general para todos los ingenieros y técnicos de cualquier empresa.

El progreso de las empresas en cuanto a productividad no puede separarse de métodos estadísticos. Por medio de estos se puede mejorar el nivel de calidad, aumentar la confiabilidad y bajar los costos.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Libros:

- 1) Grant and Leavenworth
Control estadístico de calidad
Sexta edición
Compañía editorial continental , SA de CV
Mexico 1991
- 2) Ishikawa Kaoru
¿ Qué es el Control de Calidad ?
La modalidad japonesa
Decima reimpresion
Grupo editorial NORMA
Colombia 1991
- 3) Juran
Manual de control de calidad
Segunda edición
McGraw-Hill
Nueva York 1980
- 4) Walpole and Myers
Probabilidad y Estadística
Cuarta edición
Mc graw-hill , Intreamericana de México
Mexico 1992
- 5) Douglas C. Montgomery
Control Estadístico de la Calidad
Primera edición
Grupo Editorial Iberoamericana
Mexico 1991

Revistas:

- 1) Hillier , Frederick S.," X-and R- Chart Control limits
Based on a small Number of subgroups", Journal of Quality
technology Vol. 1 n° 1 pags 17-22-Enero 1969.
- 2) Hinchey, J.D . "Control Charts in Batch Processes"
New England Quality Control Conferens papers
22 Agosto, 1952 paginas 113 a 120.

- 3) Hinchey, J.D. "Correlation Analysis in Batch Process Control" Industrial Quality Control, Marzo 1955.
- 4) Page E.S. "Comparison of Process Inspection Schemes" Industrial Quality Control, Vol 21, No 5, Pags 245-249 Noviembre 1964.

APENDICE I. Factores de los límites de control.

n	A ₁	A ₂	B ₃	B ₄	D ₃	D ₄	E ₁	E ₂
2	3.759	1.888	0	3.267	0	3.268	5.318	2.668
3	2.394	1.822	0	2.568	0	2.574	4.146	1.772
4	1.988	0.729	0	2.266	0	2.282	3.768	1.457
5	1.596	0.577	0	2.029	0	2.114	3.566	1.298
6	1.418	0.483	0.038	1.978	0	2.084	3.454	1.184
7	1.277	0.418	0.118	1.982	0.076	1.924	3.379	1.109
8	1.175	0.373	0.185	1.915	0.136	1.864	3.322	1.054
9	1.094	0.337	0.239	1.761	0.194	1.816	3.283	1.018
10	1.029	0.288	0.284	1.716	0.222	1.777	3.251	0.975

ESTA ES UNA REPRODUCCION PARCIAL DE LOS OCHO PRIMEROS FACTORES DE LA TABLA Y DEL APENDICE DEL LIBRO "Manual de control de calidad" del Dr. Juran, pag 724.