UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

9
29

"ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA PARA LA IMPLANTACION DE UN CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS EMPLEANDO GRAFICAS DE CONTROL"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N:

CLAUDIA MIRELES VIVEROS
MIGUEL ANGEL REVILLA VAZQUEZ

Asesores: M. en C. Guadalupe Sevilla Diaz
Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
SECRETARIA ACADEMICA
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
Departamento de Exámenes Profesionales

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos.
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Elaboración de una herramienta para la implantación de un Control Estadístico de Procesos empleando Gráficas de Control.

que presenta la pasante: Claudia Mireles Viveros

con número de cuenta: 8105422-2 para obtener el TITULO de: Ingeniera Química ; en colaboración con : Miguel Angel Revilla Vázquez

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 11 de Marzo de 1994

PRESIDENTE	I.Q. Jorge Rafael Martínez Peniche
VOCAL	M. en C. Guadalupe Sevilla Díaz
SECRETARIO	Ing. Juan Rafael Garibay Bermudez
PRIMER SUPLENTE	M. en C. Alma Virginia Lara Saghón
SEGUNDO SUPLENTE	M. en C. Ricardo P. Hernández García

I.A.E/DEP/VAP/02

VAIVERSIDAD NACIONAL
AVFNOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
SECRETARIA ACADEMICA
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
Departamento de Exámenes Profesionales

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos.
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

Elaboración de una herramienta para la implantación de un Control Estadístico de Procesos empleando Gráficas de Control.

que presenta el pasante: Miguel Angel Revilla Vázquez
con número de cuenta: 8401826-5 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Químico ; en colaboración con :
Claudia Mireles Viveros

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 11 de Marzo de 1994

PRESIDENTE	I.Q. Jorge Rafael Martínez Peniche
VOCAL	M. en C. Guadalupe Sevilla Díaz
SECRETARIO	Ing. Juan Rafael Garibay Bermudez
PRIMER SUPLENTE	M. en C. Alma Virginia Lara Sagahón
SEGUNDO SUPLENTE	M. en C. Ricardo P. Hernández García

1 : C/DEP/VAP/02

AGRADECIMIENTOS

A nuestros Padres, por darnos el tesoro más grande que se le puede dar a un hijo; su Amor. Por siempre, gracias.

A nuestros hermanos, por las peleas y todos los buenos momentos que compartimos.

A nuestros profesores, por compartir con nosotros sus conocimientos y algo más valioso; su amistad.

A nuestros compañeros y amigos, que hacen la estancia en este mundo más grata.

A nuestra Universidad, de la cual nos enorgullece formar parte.

Sinceramente Gracias

Claudia y Miguel Angel

RESUMEN

Al inicio de este trabajo, se enuncian los conceptos generales del Control Estadístico de Procesos, y se mencionan los pasos para implantarlo basandose en el uso de gráficas de control.

Posteriormente se revisa el alcance y manejo del programa para computadora, desarrollado para la elaboración de gráficas de control.

Al final, se estudian dos problemas reales para mostrar la aplicación de la herramienta.

ELABORACIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EMPLEANDO GRÁFICAS DE CONTROL.

INTRODUCCIÓN.....1

1 EL CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE LA CALIDAD.....4
1.1 Significado de la calidad.....4
1.2 Control estadístico de procesos.....7
1.3 Conceptos estadísticos.....11

2 IMPLANTACION DE GRÁFICAS DE CONTROL.....20
2.1 Pasos para implantar un Control Estadístico de Proceso...20
2.2 Naturaleza y operación de la gráfica de control.....22
2.3 Selección de parámetros.....23
2.4 Gráficas de control por atributos.....27
2.4.1 Cartas de control de defectuosos.....27
2.4.1 Cartas de control de defectos.....32
2.5 Gráficas de control por variables.....37
2.6 Análisis de las gráficas de control.....45
2.7 Capacidad del proceso.....49
2.8 Usos de las gráficas de control.....52

3 HERRAMIENTAS DE APOYO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.....54
3.1 Diagrama de Pareto.....54
3.2 Diagrama de causa y efecto.....55
3.3 Histograma.....57
3.4 Diagrama de dispersión.....59
3.5 Diagrama de Estratificación.....60
3.6 Hojas de verificación.....61

4 DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA COMPUTADORA.....63
4.1 Alcances del programa.....63
4.2 Estructura del programa.....64
4.3 Manejo del programa.....65

5 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA.....70
5.1 Aplicación para datos discretos.....71
5.2 Aplicación para datos continuos.....75

CONCLUSIONES.....79

BIBLIOGRAFÍA.....81

ANEXOS.....83

APÉNDICE.....123

INTRODUCCIÓN

En México el control de calidad siempre ha tenido un papel importante, ya sea por la competencia, tanto nacional como internacional, o por la globalización de la economía. No obstante, hoy en día, este término ha cobrado mayor relevancia con el ingreso del país al tratado de libre comercio (TLC).

Actualmente, es imperativo que las industrias mexicanas incrementen su productividad, y la calidad de sus productos, establezcan y lleven a cabo estrategias de penetración en el mercado con el objetivo de alcanzar una mayor rentabilidad, todo esto con el fin de obtener un alto nivel competitivo y que nuestras empresas estén capacitadas para lograrlo.

Desde hace mucho tiempo, se han desarrollado métodos para la implantación de un proceso de calidad en las empresas; para lograr esto se han empleado técnicas estadísticas, a esta union se le conoce como Control Estadístico de Procesos (CEP).

Las herramientas, técnicas y procedimientos que son necesarios para lograr la implantación de un Control Estadístico de Procesos, son relativamente fáciles. De ahi que los ingenieros, profesionistas, compañías e instituciones de la industria mexicana, deban conocerlos, ya que les darán bases para analizar más profundamente sus procesos y mejorar su toma de decisiones, lo que les llevara al éxito o fracaso.

El Control Estadístico de Procesos se utiliza para saber cómo varía el proceso. Su función es la de controlar y mejorar el proceso y no la de inspeccionar o separar los productos buenos de los malos.

Ahora la aceptación del CEP ha ido en aumento, las industrias lo están introduciendo; en algunas, ya se están realizando cursos de capacitación en el CEP y se tienen programas de implantación en desarrollo, los cuales han demostrado beneficios económicos, en diferentes campos, por las reducciones de costos como consecuencia de la disminución de desperdicios y materiales de reproceso, reducción de inventarios en materias primas y productos intermedios, lo anterior ha repercutido en un aumento de la rentabilidad.

Las gráficas de control son una de las herramientas estadísticas que se emplean para implantar el CEP. Estas se consideran el método estadístico más importante y versatil, por todos los beneficios que aportan a lo largo de toda la producción.

De aquí que el trabajo se enfoque al estudio de este método. No obstante que las gráficas de control son de gran utilidad, en muchas ocasiones, resulta muy laborioso tener que realizar gráficas y cálculos de límites, para todas las características de calidad a controlar en un proceso; por lo cual, es necesario contar con una ayuda para efectuar esta tarea en forma más rápida, exacta, eficiente y que tenga la capacidad de manejar una gran cantidad de información.

En el mercado existe una gran variedad de "software", como "Quality Alert", "StatGraphics", "SQC Pack", etc., para este tipo de aplicaciones, éstos tienen un costo elevado y su uso es complejo. Asimismo en muchas ocaciones los derechos de autor no permiten reproducirlos, sin incurrir en la piratería, ademas otra limitante es que la mayoria de los "softwares" se encuentran en el idioma inglés.

De tal forma que pequeñas y medianas empresas mexicanas dificilmente tendrán acceso a este tipo de programas, que ya no son un lujo sino que se convierten en una necesidad. Hoy estas industrias tienen que contar con este tipo de herramientas, no tan sofisticadas y elevadas en costo, pero que les permitan llevar en forma sencilla

un Control Estadístico de Procesos, empleando gráficas de control. Esto lo pueden lograr con el programa para computadora que se desarrolla en esta tesis.

Dentro del enfoque de este trabajo, se pretende dar a conocer como se puede llevar un Control Estadístico de Proceso utilizando técnicas y métodos estadísticos, presentados de tal forma que se pueden ajustar a los requerimientos del problema y ser utilizados por personas que tengan un conocimiento mínimo de estos métodos. Ademas de proporcionar el programa para computadora que facilita la elaboración de las gráficas de control.

CAPITULO I

EL CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROCESO DE LA CALIDAD

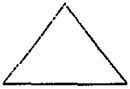
1.1 SIGNIFICADO DE LA CALIDAD

En la actualidad, México se encuentra dentro de un proceso de globalización de la economía, a través de la liberalización del comercio. Esto traerá como consecuencia, el entender la calidad no como algo definido por el departamento de control de calidad o que sólo cumpla con las especificaciones, sino calidad entendida como satisfacer o exceder las necesidades del cliente a un precio que puede pagar y que sea rentable para la empresa.

En el libre comercio el cliente es el foco de atención, la voz de éste debe transmitirse y escucharse a través de todo el proceso productivo. Ésta es la gran diferencia conceptual que esta cambiando al mundo

Para que una empresa esté en posición de alcanzar o exceder las necesidades de sus clientes es conveniente que adopte un proceso de calidad o de mejora contínua, para llevarlo a cabo es necesario cumplir con ciertos elementos básicos, que se muestran en el triángulo de la calidad (Aguirre, 1993).

CLIENTE



METODO SISTEMATICO

-Procedimiento
-Pensamiento Estadístico
-Herramientas

AMBIENTE APROPIADO

-Constancia
-Mentalidad de Mejora continua
-Enfocarse al sistema
-Labor de equipo.

Triángulo de la calidad.

Ambiente apropiado . Éste debe ser brindado por la gerencia y significa esencialmente que la gerencia adopte una **constancia** en satisfacer al cliente de una manera rentable.

La manera de instrumentar este propósito es a través de fomentar la **mejora** contínua de productos y procesos, es decir conocer constantemente qué piensa el cliente tanto de su producto como el de la competencia , así como también buscar que los productos satisfagan al cliente y que los procesos se elaboren con la menor desviación y pérdida económica posible.

Para llevar a cabo la mejora contínua es necesario que cambie la mentalidad de la gerencia a **enfocarse hacia mejorar el sistema** en su conjunto y no tratar de resolver los problemas encontrando culpables, ya sea a nivel operativo o gerencial.

En la medida que los problemas de calidad y productividad se atacan de una manera global se tiene más fuerza que si se tratan de resolver dentro de feudos.

Por **labor de equipo** se entiende que haya equipos dentro de los departamentos que ataquen problemas de calidad o productividad locales, sin embargo los equipos gerenciales multifuncionales son los que tienen las mayores opurtunidades de mejora.

Método sistemático. Es un **procedimiento** ordenado para atacar los problemas de calidad y productividad, entendiéndose como productividad el obtener con eficiencia los productos con la calidad necesaria.

El pensamiento estadístico significa el aceptar el hecho de que en cualquier proceso ya sea de manufactura o de servicio, existen distintas fuentes de variabilidad, que afectan su calidad, y además en la medida que se reduzcan esas fuentes de variación, la calidad y productividad se mejorarán, ahora bien, para poder combatir esas fuentes de variación se debe comenzar a medir, es decir tener datos, de una manera adecuada al proceso, y no sólo eso, sino tomar los datos como base de acción para administrar el proceso y tratar de quitar lo más rápidamente posible el usar corazonadas en la toma de decisiones.

Es necesario el uso de **herramientas** que ayuden a identificar las oportunidades de mejora lo más pronto posible, y aquí es donde la Estadística juega un papel fundamental; a través del análisis de la evidencia estadística se puede descubrir enormes oportunidades de mejora que pudieron haber pasado insospechadas por mucho tiempo.

El uso de datos a través de las herramientas contribuyen a: definir y medir el estado actual del problema, analizar y reconocer posibles fuentes del problema, y finalmente para verificar si las soluciones propuestas y adoptadas tentativamente por el equipo intelectual realmente contribuyen a reducir el problema.

Dentro del método sistemático la estadística toma un papel muy relevante, ya que ésta es la ciencia que se ocupa de recopilar, organizar, presentar, analizar, extraer y generalizar información contenida en un conjunto de datos.

Existen dos subdivisiones de la estadística.

La estadística descriptiva es la parte que versa sobre la recopilación, organización y presentación de datos. Las técnicas estadísticas usadas en esta subdivisión se basan en un sistema lógico de pensamiento deductivo y se clasifican como **Método de control estadístico de calidad.**

La estadística inferencial o inductiva es la parte que se ocupa del uso de los conceptos de la probabilidad, para afrontar la incertidumbre en la toma de decisiones. Aquí las técnicas utilizadas se basan en un pensamiento inductivo y se denominan comúnmente como **Diseño de experimentos.**

Enunciados los puntos básicos de un proceso de calidad, es necesario ubicar que el objetivo de este trabajo cae dentro del punto de vista del método sistemático, enfocado esencialmente al control estadístico de calidad perteneciente a la estadística descriptiva.

Es por ello que a continuación se revisa que papel juega el control estadístico en el entorno de la calidad.

1.2 EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

A principio del siglo XX, los procesos son contemplados como simples cajas negras, atendiendo sólo a la entrada y la salida de ellos mismos.

La herramienta básica en esta etapa, es el muestreo de aceptación, tanto de materia prima como de producto terminado. El propósito es el filtraje de articulos defectuosos sin tener que recurrir a inspección del 100%. Este esquema , aunque más económico que el de inspección total, no es de ninguna manera óptimo, ya que: los costos de inspección siguen siendo altos, la inspección final baja el número de defectuosos pero no mejora la calidad, hay una gran cantidad de trabajo y valor agregado efectivamente desperdiciados y el proceso permanece esencialmente desconocido.

El advenimiento de la producción en masa, trajó como consecuencia nuevos pensamientos, a partir de los trabajos del Dr.Walter A. Shewhart (1924-1930), la atención se dirige de modo más detallado al proceso. La idea es que la calidad del producto depende de la calidad del proceso. A consecuencia de ésto, el **Control Estadístico de la Calidad** se basa en el **Control Estadístico de Procesos.**

Ahora hablar de calidad en un proceso productivo es hablar de una cierta medida del grado de exactitud y precisión con las que el proceso logra el propósito para el que fue diseñado, entendiendo como proceso, cualquier combinación de máquinas, herramientas, instrumentos, personas y métodos que operan conjuntamente en el transcurso del tiempo, con un propósito concreto bien determinado.

No puede hablarse de calidad (mucho menos intentar un programa de control de calidad), sin aceptar de entrada que en todo proceso de producción hay una variabilidad inherente e inevitable , y sin entender de manera científica, la naturaleza de esta variabilidad en tanto que es cuantificable y medible .

Las condiciones de operación de un proceso, es el entorno o ambiente general en el que el proceso funciona. Este entorno es un complejo formado por una multitud de diversos factores que afectan de distinta manera y con distinta intensidad el desempeño y los

resultados del proceso; todo proceso opera en mayor o menor medida bajo la influencia de factores no eliminables.

Una de las contribuciones fundamentales del Dr. W.A. Shewhart al control de calidad. es discriminar entre los factores no eliminables, dos grandes clases: factores o causas comunes, y factores o causas especiales, (Preciado, 1993).

CAUSAS COMUNES:

- Cada una de ellas produce un efecto poco perceptible en la variabilidad total del proceso.
- Su efecto no incide en esta variabilidad de modo sistemático.
- Hay un gran número de causas distintas.
- En general no es económica o practicamente factible su eliminación del proceso. De hecho, el nombre de causas comunes quiere indicar que siempre estarán presentes.

Las causas comunes o también llamadas causas fortuitas o aleatorias, constituyen entonces un conjunto de factores cuyo efecto no es posible analizar en mayor medida y que puede considerarse un sustrato de ruido en el que opera el proceso; su influencia es permanente y globalmente estable. Cuando el proceso trabaja sólo con este tipo de causas, se dice que el proceso está "bajo control".

CAUSAS ESPECIALES:

- Cada una de ellas incide de modo perceptible en la variabilidad total del proceso.
- Su influencia es frecuentemente de carácter sistemático.
- El número de causas especiales que afectan a un proceso dado es relativamente moderado.
- En muchos casos el efecto de una causa especial puede ser corregido o eliminado (si es desfavorable).

Las causas especiales también llamadas atribuibles o asignables, aunque también aleatorias, son relativamente pocas y más bien esporádicas que estables. Cuando el proceso trabaja bajo estas causas, se dicen que el proceso está "fuera de control".

Para los fines de este trabajo se consideran solamente procesos repetitivos, esto es, procesos que operan una y otra vez con el mismo propósito, bajo esencialmente las mismas condiciones de operación.

El Control Estadístico de Procesos, es un conjunto de métodos y técnicas estadísticas que tienen como propósito estudiar, cuantificar, medir, monitorear y controlar la variabilidad esencial de los procesos de producción repetitivos.

El uso del Control Estadístico de Procesos implica la eliminación de las causas especiales de excesiva variación de un proceso y prevenir su repetición ; una vez logrado esto, se pueden considerar las variaciones debidas a las causas comunes. Existen ciertas ventajas al implantar un CEP ya que:

- Es un medio para establecer la existencia de causas no al azar, tanto conocidas como especiales, que provoquen variaciones en el proceso.
- Es un método para determinar la capacidad de un proceso en particular.
- Es una manera de medir cuantitativa y cualitativamente el impacto de modificaciones hechas a parámetros del proceso, características del producto o a la capacidad del proceso.
- Es un acercamiento estructurado para la resolución de problemas. - Provee de técnicas para confirmar la relación entre los parámetros de proceso y las características del producto.

Como los conceptos estadísticos fundamentan al campo del Control Estadístico, se examinan varios conceptos básicos antes de revisar las herramientas empleadas por el CEP.

1.3 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Las Medidas de tendencia central, dan a conocer el valor más representativo de un conjunto de datos. Las más usuales son: media, mediana y moda.

MEDIA

"**La media aritmética de la población**: Es igual a la suma de los valores de todos los elementos de la población (Σ X), dividida entre el número de elementos de esta última (N)" (Levin, 1988, p. 104).

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$$

μ = Media poblacional
$\sum$ = sumatoria
X_i= valor observado
N= Tamaño de la población

"**La media muestral aritmética**: Se obtiene dividiendo la suma de los valores observados en la muestra, entre el número de elementos de la muestra" (Idem). Se define como el promedio:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$\bar{X}$ = Media muestral
$\sum$ = sumatoria
X_i= valor observado
n = Tamaño de la muestra

MEDIANA

Se define como el valor central que divide en dos partes iguales a un conjunto de datos , arreglados en orden de magnitud.

MODA

Se define como el valor que se presenta con mayor frecuencia en un conjunto de datos, puede o no existir y en caso de existir no ser único.

MEDIDAS DE DISPERSION

Las Medidas de dispersión, dan a conocer la variación que existe en un conjunto de datos. Las más usuales son: rango, varianza y desviación estándar.

RANGO

Es la diferencia entre el valor mayor y el menor de un conjunto de datos. Se define por:

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

VARIANZA

"**La varianza de la población:** es una medida del cuadrado de la distancia promedio que hay entre la media y cada elemento de la población" (Levin, p. 148).

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (X_i - \mu)^2}{N}$$

$\sum$ = Sumatoria

X_i = Valor Observado

μ = Media poblacional

N = Tamaño de la población

La varianza muestral: Se define como la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones con respecto a $\bar{X}$; dividida por el número total de observaciones menos uno.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}$$

$\sum$ = Sumatoria

X_i = Valor Observado

$\bar{X}$ = Media muestral

n = Tamaño de la muestra.

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

"**La desviación estándar de la población:** Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la población Es un parámetro más útil que la varianza, ya que se expresa en las mismas unidades que los datos, mientras que las unidades de la varianza son los cuadrados de las unidades de los datos" (Levin, p.149).

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (X_i - \mu)^2}{N}}$$

$\sum$ = Sumatoria

X_i = Valor Observado

μ = Media poblacional

N = Tamaño de la poblacion

σ = Desviación estándar poblacional

"**La desviación estándar de la muestra:** Es la raíz cuadrada de la varianza de la muestra. Se observa de la ecuación anterior que N se convierte en n-1 y μ se reemplaza por la media muestral $\bar{x}$" (Levin, p.150).

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

$\sum$ = Sumatoria

X_i = Valor Observado

$\bar{X}$ = Media muestral

n = Tamaño de la muestra

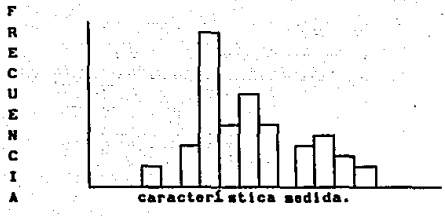
S = Desviación estándar muestral

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

Los métodos estadísticos han tomado un valor muy importante en el control de la calidad, sobre todo en el impacto que han tenido en el pensamiento industrial. Este punto de vista estadístico se enfoca especialmente al estudio de la variación que afecta la calidad y la productividad.

A través del tiempo se han reconocido los diversos factores que contribuyen a la variación. Éstos pueden ser materia prima defectuosa, desgastes o desajustes de maquinaria, errores de los operarios, etc.. Es por ello que siempre existirán ciertas variaciones y por medio de una distribución de frecuencias se puede representar esa variación.

"La distribución de frecuencias, es la tabulación o el registro por marcas, del número de veces que se presenta una cierta medición de la característica de calidad, dentro de la muestra de un producto que se está examinando", (Feigenbaum, 1987)



DISTRIBUCIONES CONTINUAS

"En una distribución continua, las variables en estudio pueden asumir cualquier valor dentro de determinado intervalo" (Levin, p.272); en el estudio del control estadístico de proceso, se distinguen varias distribuciones continuas, como son, la Normal, Exponencial, Gamma y de Weibull.

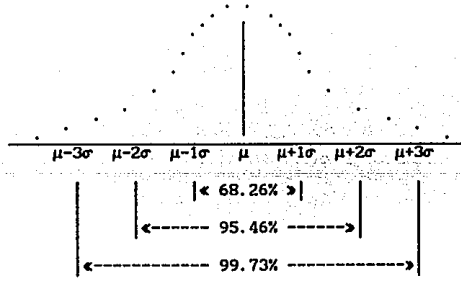
Las poblaciones con variaciones al azar siguen una distribución normal y la mayoría de los procesos industriales se apegan a este modelo. Las gráficas de control están fundamentadas en el comportamiento de la distribución normal, es por ello la importancia de estudiar ésta.

Las demás distribuciones citadas anteriormente se aplican sólo a poblaciones muy especiales que requieren de un tratamiento distinto y se encuentra fuera del alcance del objetivo de este trabajo.

DISTRIBUCION NORMAL

"La distribución normal es la distribución de una variable aleatoria continua con una curva de un solo pico y en forma de campana. La media se halla en el centro de la distribución, y la curva es simétrica alrededor de una línea vertical que se yergue en la media. Los dos extremos se extienden indefinidamente, sin que nunca toquen el eje horizontal" (Levin, p.272).

Es importante observar la relación que existe entre la desviación estándar de la distribución Normal. El 68.26 % de los valores poblacionales, se encuentra dentro de una zona de ± una desviación estándar, a partir de la media ($\mu \pm 1\sigma$), el 95.46% de los valores poblacionales, quedan dentro de una zona entre ± dos desviaciones estándar a partir de la media ($\mu \pm 2\sigma$) y el 99.73 % de los valores poblacionales, quedan dentro de una zona entre ± tres desviaciones estándar a partir de la media ($\mu \pm 3\sigma$). En la tabla 1 del apéndice se encuentra una tabla de la distribución acumulativa Normal estándar.



DISTRIBUCIONES DISCRETAS

En las distribuciones discretas, la variable puede asumir sólo un número limitado de valores, como los números enteros y existen diferentes tipos de distribuciones discretas, como la Binomial, de Poisson, Binomial Negativa y la Hipergeométrica.

DISTRIBUCION BINOMIAL

"La distribución Binomial es una distribución discreta, que describe el resultado de un experimento llamado proceso Bernoulli; en éste, cada ensayo ofrece dos posibles resultados solamente: un éxito o un fracaso; la probabilidad de éxito permanece inalterada ensayo tras ensayo, y los ensayos son estadísticamente independientes", (Levin, p.273).

Si el resultado de una observación es dicotómico, éxito o fracaso, con probabilidad p y (1-p) respectivamente, el número de exitos observados en n repeticiones independientes de la observación o experimento, es una variable aleatoria que se distribuye como Binomial con parámetros n y p .

Esta fórmula Binomial permite calcular algebráicamente la probabilidad de éxito.

$$Pr\ (r) = \frac{n!}{r!\ (n-r)!}\ p^r\ q^{n-r}$$

P = probabilidad de exactamente r ocurrencias
r = número de éxitos deseados
n = número de ensayos
p = probabilidad de éxito
q = probabilidad de fracaso, (1 - p)

La media de una distribución Binomial es igual al número de ensayos multiplicado por la probabilidad de éxito.

$$\mu = n\ p$$

La desviación estándar de una distribución Binomial es igual a la raíz cuadrada del producto de el número de ensayos, la probabilidad de un éxito y la probabilidad de un fracaso.

$$\sigma = \sqrt{n\ p\ q}$$

La distribución Normal puede ser una buena aproximación de la distribución Binomial cuando p es muy cercana a 0.5 aún para muestras de tamaño n = 10. Cuando p se desvía de 0.5 la aproximación empeora, sin embargo al aumentar n mejora.

DISTRIBUCIÓN DE POISSON

"La distribución de Poisson es una distribución discreta donde:

- La probabilidad de que ocurra un evento en un breve período es un número muy pequeño.
- La probabilidad de que dos o más de esos eventos tengan lugar en el mismo intervalo es realmente cero.
- La probabilidad de que suceda un evento en un período no depende de donde se encuentre esté", (Levin, p.272).

La distribución de Poisson se usa con frecuencia en el control de calidad como un modelo del número de defectos o disconformidades que ocurren en una unidad de producto o cualquier fenómeno aleatorio que ocurre por unidad.

La siguiente fórmula permite calcular la probabilidad de que una variable discreta aleatoria ocurra en una distribución de Poisson.

$$P(r) = \frac{\lambda^r e^{-\lambda}}{r!}$$

r = número de éxitos deseados
λ = número medio de ocurrencias por intervalo de tiempo
P = probabilidad de exactamente r ocurrencias

Cuando se desea evitar el trabajo de calcular la distribución Binomial, se puede usar a cambio la de Poisson, puesto que la distribución de Poisson es una aproximación razonable de la distribución Binomial, pero sólo en determinadas circunstancias.

La regla de mayor uso entre los estadísticos establece que una distribución de Poisson es una buena aproximación de la distribución Binomial cuando n es igual o mayor que 20 y cuando p es igual o menor que 0.05. Entonces se puede sustituir la media de la distribución Binomial (np) por la media de la distribución de Poisson (λ).

$$P(r) = \frac{(n\,p)^r\, e^{-n\,p}}{r!}$$

La mayoria de las poblaciones de datos discretos siguen un comportamiento explicado por la distribución Binomial o la distribución de Poisson, por ello es que las gráficas p y np se fundamentan en la Binomial, mientras las gráficas c y u se fundamentan en la Poisson. Las demas distribuciones citadas anteriormente se aplican solo a poblaciones muy especiales y por lo tanto no son ocurrentes en los procesos productivos.

CAPITULO II
IMPLANTACIÓN DE GRÁFICAS DE CONTROL

2.1 PASOS PARA IMPLANTAR UN CEP

A continuación se describe una secuencia de acciones para implantar un Control Estadístico de Procesos, además se incluyen las herramientas básicas que se pueden aplicar en cada paso; posteriormente se discuten cada una de ellas. Esta secuencia es general y como es obvio puede variar dependiendo de la naturaleza de la información que se necesite y de la complejidad del proceso.

1. Definir el problema básico, identificando las causas primarias del mismo y designar prioridades a las areas atendidas (Hojas de Verificación, Diagrama de Pareto y Diagrama de Causas y Efecto).

2. Analizar el proceso o sistema existente, por medio de mediciones directas durante la operación, recoletar datos y graficarlos (Hojas de Verificación, Histogramas y Gráficas de Control).

3. Identificar las causas potenciales de cualquier inestabilidad (Diagramas de Causa y Efecto).

4. Cuantificar la relación entre la variable de interés ya sea del proceso o del producto con otras variables del proceso (Diagrama de Dispersión).

5. Identificar, jerarquizar e implantar soluciones.

6. Verificar soluciones, confirmando los efectos sobre la estabilidad y capacidad del proceso (Gráficas de Control); de no alcanzar la solución del problema al nivel deseado, implantar una nueva solución y verificar nuevamente.

7. Estandarizar y dar seguimiento (Gráficas de Control).

La herramienta estadística en la que se basa el desarrollo de este trabajo para la implantación del CEP es fundamentalmente las gráficas de control; la justificación del uso de esta herramienta, se da en forma natural en el trabajo. Las demás herramientas se emplean como un apoyo para lograr este objetivo.

2.2 NATURALEZA Y OPERACION DE LA GRÁFICA DE CONTROL

La gráfica de control es un instrumento estadístico para el estudio, monitoreo y control de procesos repetitivos. Su funcionamiento básico es el de un detector de causas especiales con un criterio de decisión objetivo, de manera que provee de una definición operacional para el estado de control estadístico de un proceso.

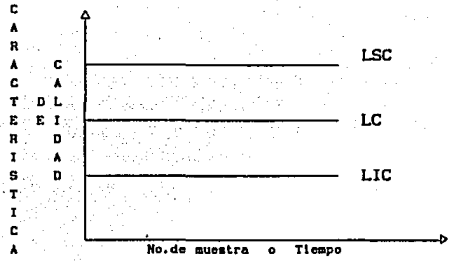
La gráfica de control se ocupa del monitoreo de una sóla cantidad o variable, denominada variable de calidad bajo estudio, que mide alguna característica del proceso que se considera importante.

En la práctica cotidiana se acostrumbra distinguir entre dos tipos de variables de calidad:

ATRIBUTOS: Si la cantidad en cuestión es de naturaleza discreta.
VARIABLES: Si la cantidad en cuestión es de naturaleza continua.

En cualquier caso, el diseño y operación de la gráfica de control es esencialmente el mismo.

Una gráfica de control es una representación gráfica, de una variable de calidad o característica de calidad a través del número de muestra o tiempo.



Esta gráfica consta de tres tipos de líneas horizontales donde una es "El límite superior de control " la otra es "El límite inferior de control " y la línea central representa el valor medio de la característica de calidad.

2.3 SELECCION DE PARÁMETROS

Antes de entrar propiamente a la construcción de las gráficas de control, es necesario determinar ciertas características funcionales y operativas de éstas.

1.- Determinar la característica de calidad a controlar.
2.- Elegir el tipo de gráfica de control.
3.- Determinar el sitio del proceso donde se implantan las gráficas.
4.- Selección de los límites de control.
5.- Selección de la muestra.
6.- Elegir el tamaño de la muestra.
7.- Definir la frecuencia de muestreo.

1.- DETERMINAR LA CARACTERÍSTICA DE CALIDAD A CONTROLAR

a) La característica a controlar será la más crítica en términos de funcionamiento o la especificación de prueba más rigurosa.

b) Cualquier característica del producto u operación que se considere importante.

c) Cuando se elige en un proceso, controlar más de una de una característica, y se emplean gráficas de control de variables, es necesario usar una gráfica para cada característica.

2.-ELEGIR El TIPO DE GRÁFICA DE CONTROL

GRÁFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.

a) Se lleva un control del proceso, pero no es posible tomar mediciones (inspección visual).

b) No es práctico tomar datos de medición, por que los calibradores son caros o el tiempo necesario para tomarlas es excesivo.

c) La parte a inspeccionar tiene muchas características para evaluar.

GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLES.

a) Se requiere de control más preciso.

b) Se involucra una característica crítica, tal como es la localización de un punto.

c) Se introduce un nuevo proceso, o se fabrica un nuevo producto mediante un proceso ya existente.

d) El proceso ha estado funcionando durante algún tiempo, pero tiene problemas crónicos o no puede cumplir con las tolerancias especificadas.

e) Se requiere un cambio en las especificaciones del proceso.

f) Procesos con especificaciones muy estrechas, tolerancias de montaje traslapadas, u otros problemas de manufactura difíciles.

Se recomienda llevar registros separados para las gráficas de control por variables y las gráficas de control por atributos.

3.-DETERMINAR EL SITIO DEL PROCESO DONDE SE IMPLANTAN LAS GRÁFICAS DE CONTROL

Las gráficas de control son un procedimiento de control en línea. Se deben implantar y mantener lo más cerca posible del centro de trabajo, para tener una retroalimentación rápida.

Los operadores del proceso y los ingenieros de producción deben ser los responsables directos de colectar los datos del proceso, mantener las gráficas, interpretar los resultados y tomar acciones correctivas, ya que, las gráficas por si solas no controlan.

4.- SELECCIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL

La selección de los límites de control, es una de las decisiones críticas que hay que tomar en algunas ocasiones. Estos límites se determinan cuidadosamente por medio de pruebas, otras veces se han fijado en forma arbitraria, o bien se basan en experimentos anteriores con los materiales y con los procesos de manufactura.

Los límites de control se determinan como un múltiplo de la desviación estándar, en general se escoge el múltiplo 3 porque da buenos resultados en la práctica.

Se acostumbra situar los límites de control en $\pm 3\sigma$ arriba y abajo de la línea central; esta idea surge de que cuando el proceso está en control y el nivel medio de operación es la media de la población, el 99.73% de las observaciones caen dentro de estos límites; esto es cierto independientemente del tipo de gráfica de control que se utilice.

5.-COMO SELECCIONAR LA MUESTRA

a) Se elimina cualquier predisposición.

b) Es deseable que la muestra sea homogénea.

c) La selección de la muestra debe ser al azar.

d) Se deben seleccionar muestras o subgrupos, de manera que si hay causas atribuibles, la posibilidad de diferencias entre muestras sea máxima, mientras que la misma posibilidad dentro de cada muestra, sea mínima.

6.-ELEGIR EL TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra, debe pensarse en el tamaño del cambio que se trata de detectar. Si el cambio del proceso es relativamente grande, se usan tamaños muestrales más reducidos que los que se tendrían que utilizar para cambios relativamente pequeños.

Cuando se trabaja con gráficas de control por atributos, la muestra debe ser suficientemente grande, a fin de que exista la oportunidad para que la variación se encuentre dentro de ella.

Cuanto menor sea el tamaño, tanto mayor será la variación entre los promedios de muestras sucesivas.

Hablando de las gráficas de control por variables, la selección de la muestra tiene que cumplir con dos funciones: a) Seleccionarse de modo que se maximicen las oportunidades de que ocurra una diferencia entre promedios muestrales. b) Seleccionarse de modo que se maximicen las diferencias dentro de la muestra.

Ya que las gráficas $\bar{X}$ vigilan la variabilidad entre muestras (variabilidad en el proceso con el tiempo) y la gráfica R mide la variabilidad dentro de una muestra (variabilidad instantánea del proceso en un momento dado). Una muestra de tamaño cinco es de uso común.

7.- DEFINIR LA FRECUENCIA DE MUESTREO

Se toman muestras pequeñas a intervalos cortos, o bien, muestras grandes a intervalos largos. La práctica industrial común tiende a favorecer la toma de muestras pequeñas, más frecuentes, sobre todo en procesos de manufactura con una gran cantidad de causas atribuibles de diferentes tipos. Gracias al desarrollo de la tecnología de la detección y la medición automática, es posible reducir en forma significativa la frecuencia de muestreo. La frecuencia de muestreo y el tamaño de muestra se encuentran íntimamente relacionados.

2.4 GRÁFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Cuando no es fácil la medición de la característica de calidad, y ésta sólo puede obtenerse como : conforme o disconforme con las especificaciones, defectuoso o no defectuoso, pasa o no pasa, se dice que se inspecciona o controla un proceso atendiendo a una variable de calidad dicotómica, entonces se usa un método de inspección o control por atributos, con lo que se recurre al uso de datos discreto, es decir, aquellos que guardan relación con números enteros basados en conteos.

Los artículos o productos inspeccionados se clasifican como cantidad de artículos defectuosos o número de defectos en un artículo, entendiéndose como **defecto** cualquier característica individual que no está de acuerdo con los requerimientos y como **defectuoso** cualquier artículo que no cumple con los requerimientos.

2.4.1 GRÁFICAS DE CONTROL DE DEFECTUOSOS

GRÁFICAS p

Las gráficas de control p se refieren a la fracción de productos defectuosos fabricados por un proceso de manufactura. El estudio de las gráficas p se divide en dos casos: 1) cuando el tamaño de muestra se mantiene fijo durante la operación y 2) cuando este tamaño es variable.

TAMAÑO DE MUESTRA CONSTANTE.

Si el estudio del proceso se inicia, o bien se reanuda después de algún ajuste , se habla entonces de una gráfica con nivel medio no conocido o sin estándar fijo de antemano.

En este caso, a intervalos de tiempo determinados, se seleccionan K muestras (como regla general K toma valores entre 25 o 30), donde cada una de ellas es de tamaño n (fijo), y se procede a observar el número de defectuosos (D_i) en la muestra; entonces, se calcula la fracción defectuosa muestral p_i, ésta se define como el cociente del número de artículos defectuosos "D_i" en una muestra entre el número total de artículos que contiene esta última "n".

$$p_i = \frac{D_i}{n}$$

p_i = Fracción defectuosa muestral.

D_i = No. de defectuosos en la muestra.

n = Tamaño de la muestra.

Si en una primera inspección visual de los puntos en la gráfica, no hay evidencia de descontrol, se procede a estimar el nivel medio del proceso $\bar{p}$ y su dispersión (desviación estándar σ).

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{K} D_i}{K \times n} = \frac{\sum_{i=1}^{K} p_i}{K}$$

$$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}\,(1-\bar{p})}{n}}$$

n = Tamaño de la muestra.

K = No. de muestras.

D_i = No. de artículos defectuosos.

p_i = fracción defectuosa muestral.

$\bar{p}$ = media de la fracción defectuosa

$\sigma_{\bar{p}}$ = desviación estándar.

A continuación se construye la gráfica de control, con línea central al nivel $\bar{p}$ y sus límites de control.

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

$$LC = \bar{p}$$

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

Se habla de gráfica por atributos con estándares dados de antemano cuando la gráfica se usa para el monitoreo de una serie nueva de observaciones pero:

1.- El proceso está previamente controlado y la gráfica se construye con los parámetros obtenidos en las observaciones previas.

2.- El proceso se inicia y la dirección especifica el nivel de operación deseado $\bar{p}$.

El diseño de la gráfica es como antes pero en lugar de calcular los parámetros de diseño para la misma en base a las observaciones actuales se utiliza el valor de $\bar{p}$ deseado.

TAMAÑO DE MUESTRA VARIABLE.

Si el tamaño de muestra no puede mantenerse constante en distintas observaciones, la gráfica de control presenta dificultades de diseño y operación. El problema es que los límites de control dependen del tamaño de muestra. Establecer estos límites con criterio probabilísticos es prácticamente imposible para cálculo manual y en general se usa en esta situación el criterio de $\pm 3\sigma$.

Si n_i es el tamaño de muestra en la i-ésima observación, entonces los límites de control son:

$$LSC_i = \bar{p} + 3\,\sigma_{\bar{p}} = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}\,(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$LC = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{N} D_i}{\sum_{i=1}^{N} n_i}$$

$$LIC_i = \bar{p} - 3\,\sigma_{\bar{p}} = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}\,(1-\bar{p})}{n_i}}$$

Algunas de las desventajas en el método de límites variables para la gráfica p, son:

1.- Requiere cálculos adicionales en cada observación.

2.- Su apariencia es complicada para el personal de línea.

3.- La situación de un punto en la gráfica en relación a los demas no tiene significado claro, por tanto, es difícil detectar con esta gráfica patrones no aleatorios.

Un método alternativo a éste, pero que requiere un cierto tiempo de haber estudiado el proceso, es usar límites de control calculados con un tamaño de muestra promedio, quedando estos situados en :

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

$$LC = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{N} D_i}{\sum_{i=1}^{N} n_i}$$

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

Donde:

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^{K} n_i}{K}$$

Este método requiere menos cálculos y la apariencia de la gráfica es semejante a la gráfica p con tamaño de muestra constante, sin embargo hay que tomar ciertas precauciones en su interpretación:

1.- Si un punto está en la región de control pero cerca de los límites, debe calcularse el límite exacto correspondiente.

2.- Lo mismo hay que hacer para puntos que caigan fuera de la region de control antes de decidir descontrol.

3.- Es necesario suponer que los futuros tamaños muestrales no serán muy diferentes de los observados antes.

4.- De la misma manera que en el método anterior, la posición relativa de los puntos en la gráfica no tiene significado claro.

GRÁFICAS np

Este gráfica nos muestra la cantidad de artículos defectuosos, y se le llama gráficas de control del número de defectuosos. La elaboración de la gráfica de control para este tipo es esencialmente la misma que para las gráficas p, sustituyendo la fracción defectuosa (p_i) por el número de defectuosos (np_i).

2.4.2 GRÁFICAS DE CONTROL DE DEFECTOS

Hasta ahora se han clasificado los productos como bueno o malo, defectuoso o no defectuoso, pero cuando el producto final es un ensamble complejo, digamos una computadora o un automóvil, esta clasificación no es satisfactoria o apropiada. En estos casos la alternativa es considerar a la computadora o automóvil como un todo denominado **la unidad de inspección**, siendo preferible trabajar directamente con el número de defectos, en vez de hacerlo con la fracción defectuosa.

La unidad de inspección es una unidad de muestreo; ésta debe mantenerse constante durante todo el análisis ya que al modificarla, cambia el diseño de la gráfica . La unidad de inspección no tiene por que ser una unidad física de producto; por ejemplo, si la unidad de inspección se define como 4 computadoras y para propósitos de control se inspeccionan 12 , entonces se tiene un tamaño de muestra de 3, si se inspecciona sólo una computadora el tamaño de muestra es de 1/4.

Para la elección de la unidad debe considerarse que ésta no sea demasiado pequeña, de manera que no se tenga una tasa suficientemente estable de ocurrencias por unidad, ni demasiado grande de modo que no se generen datos suficientes o provoquen problemas en su manipulación. La elección adecuada es más un asunto de experiencia y buen juicio, que de estadística

Habiendo determinado el tamaño de muestra hay dos cursos de acción, el primero es redefinir la unidad de inspección de modo que el tamaño de muestra sea uno y el segundo es mantener la unidad de inspección tal cual fue decidida. Si se opta por la primera alternativa, se utiliza la gráfica de control c, y si se opta por la segunda entonces la gráfica de control indicada es la gráfica u, estas gráficas de control de defectos mencionadas se describen en seguida.

GRÁFICAS c

La gráfica de control c, es adecuada cuando la característica de calidad de interés es el número de defectos encontrados en la unidad de inspección. Esta unidad debe ser definida de tal manera que el tamaño de muestra sea uno (n=1).

El modelo probabilístico en el que se sustenta el diseño y operación de la gráfica c, es el modelo de Poisson, es por ello que se requiere de las siguientes condiciones:

- El número de oportunidades o lugares potenciales para que ocurran los defectos, son infinitamente grandes.
- La probabilidad para que ocurra un defecto sobre cualquier lugar de la unidad, es relativamente pequeña .
- La unidad de inspección tiene que ser la misma para cada muestra, la unidad de inspección tiene que representar una **área de oportunidad**, idéntica para la ocurrencia de defectos, es decir que se mantenga constante.

En el mismo lenguaje usado con las gráficas p, cuando el proceso se inicia o se reanuda después de alguna modificación, se habla de gráfica c sin estándar dado.

En este caso, a intervalos de tiempo regulares se selecciona una unidad de inspección y se cuenta el número de defectos o no conformidades observadas, sean $c_1, c_2, .. c_K$. Estos números se grafican directamente contra el tiempo en la gráfica; en caso de que la primera inspección visual no muestre evidencia de descontrol, se procede a calcular el nivel medio y la desviación estándar así como sus límites de control de la siguiente manera:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{K} c_i}{K}$$

$$\sigma_{\bar{c}} = \sqrt{\bar{c}}$$

$\bar{c}$ = Media del número de defectos.

c_i = Valor observado.

K = Número de muestras.

$\sigma_{\bar{c}}$ = Desviación estándar.

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

$$LC = \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{K} c_i}{K}$$

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

Cuando se dispone de un valor estándar para $\bar{c}$, estos cálculos se simplifican y se realizan de la siguiente manera.

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

$$LC = \bar{c}$$

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

GRÁFICAS u

Estas gráficas se conocen como gráficas u o gráficas de defectos por unidad; al igual que las gráficas c, representan los defectos, es por eso que se emplean las mismas condiciones establecidas para estas. La diferencia radica en que la gráfica u indica el promedio del número de defectos por unidad de inspección. En este caso la característica de calidad es:

$$LSC = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$LC = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_i}{\sum_{i=1}^{n} n_i}$$

$$LIC = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

Es importante hacer notar que la $\bar{u}$ obtenida anteriormente, no es igual obtenerla con el promedio de las ui, para que sea igual se debe hacer un promedio ponderado por las unidades de inspección correspondientes.

Al igual que con la gráfica p, existe la alternativa de límites promedio, en este caso se aplican las mismas fórmulas y comentarios hechos anteriormente.

CLASES DE DEFECTOS.

Existen muchas clases de defectos pero no todos tienen la misma importancia , puede ser que una unidad con un defecto muy grave se considere no conforme a las especificaciónes, pero es factible que una unidad que posea varios defectos menores no se clasifique como defectuosa. Para clasificar la gravedad de estos defectos se han estado utilizando por muchos años, la norma MIL-STD 105D. H.F. Dodge describió un plan más detallado en el Bell System, que fué ampliado en otro artículo de él mismo con M.N Torrey, (Dodge y Torrey).

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

u = No. promedio de defectos por unidad.
n = Tamaño de la muestra.
c = número de defectos

Nótese que en este caso n toma cualquier valor, si éste tomara el valor de 1, se reduce a una gráfica c.

TAMAÑO DE MUESTRA CONSTANTE.

Si el tamaño de la muestra permanece constante, la gráfica de prueba sin estándar dado, se construye de la siguiente manera:

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

$$LC = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^{K} u_i}{K} = \frac{\sum_{i=1}^{K} c_i}{K \times n}$$

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

TAMAÑO DE LA MUESTRA VARIABLE.

Cuando se construye una gráfica de control de defectos, el número de unidades de inspección en una muestra puede no ser constante, principalmente si se esta usando como método de muestreo la inspección al 100%; las alternativas a seguir son semejantes a las mencionadas en la gráfica p, donde la construcción de la gráfica es de la siguiente manera:

Defecto clase A : Muy grave.

La unidad es completamente inadecuada para el uso, puede fallar en servicio de tal manera que no se pueda reparar con facilidad en el lugar de trabajo, o bien ocasionará lesiones personales o daños materiales.

Defecto clase B : Graves.

La unidad sufrirá tal vez una falla clase A durante el servicio, generará seguramente problemas operacionales menos graves, o con seguridad reducirá su duración o incrementará los costos de mantenimiento.

Defectos clase C : Moderadamente importantes.

La unidad probablemente fallará durante el servicio, causará problemas menos graves que una falla de operación, tendrá tal vez duración reducida, producirá un aumento en los costos de mantenimiento, o bien tendrá un defecto importante en el acabado, la presentación o la calidad del trabajo.

Defectos clase D : Poco importantes.

La unidad no fallará durante el servicio, pero presentará defectos menores en el acabado, la presentación o la calidad del trabajo.

2.5 GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLES

Las gráficas de control por variables se utilizan cuando se tienen datos medidos que son continuos, es decir, la característica de calidad que se mide, es una variable como presión, temperatura, volumen, etc.

Los métodos de inspección y control por variables son más eficientes y proveen de mayor información que los métodos por atributos.

En estas gráficas por variables, se controlan independientemente el valor medio y la dispersión de la variable de interés, es por ello que las gráficas de control por variables, se componen de dos gráficas: una que representa los promedios de las muestras, la gráfica $\bar{X}$, y otra la dispersión . Si se tienen tamaño de muestras menores o iguales a 6 se utiliza la gráfica R, ésta representa los rangos muestrales y si se tienen tamaño de muestras mayores o iguales a 7, se utilizan las gráficas S, ésta representa las desviaciones estándar muestrales.

Como la tendencia central y la dispersión, varían de manera independiente, y para propósitos de control del valor medio se necesita estimar la dispersión, es necesario, más que recomendable, avocarse primero al problema de controlar dispersión y después de esto al problema de controlar valor medio.

Toda la fundamentación estadística para los métodos de control por variables, está elaborada sobre la hipótesis de que las observaciones provienen de un universo normal.

GRÁFICAS R

Si el tamaño de muestra es pequeña ($n \leq 6$), el rango es tan eficiente como la desviación estándar, para la estimación de la dispersión, pero pierde rápidamente eficiencia al aumentar el tamaño de muestra, en tanto que provee información a partir de sólo dos observaciones.

Para muestras pequeñas el uso del rango muestral es muy frecuente, debido básicamente a la facilidad de su cálculo.

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

Si no se tiene estándar dado y $R_1, R_2, \ldots, R_K$ son los rangos observados, entonces la linea central se sitúa en : rango promedio.

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{K} R_i}{K}$$

La desviación estándar de R, ha sido extensamente estudiada para poblaciones normales y puede estimarse de la siguiente forma:

$$\sigma_R = d_3 \sigma$$

Dado que la desviación estándar poblacional σ no es conocida, se estima así ($\sigma = \bar{R}/d_2$) quedando los límites de control como:

$$LSC = \bar{R} + 3 \frac{d_3}{d_2} \bar{R} = \bar{R} (1 + 3d_3 / d_2) = D_4\bar{R}$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LIC = \bar{R} - 3 \frac{d_3}{d_2} \bar{R} = \bar{R} (1 - 3d_3 / d_2) = D_3\bar{R}$$

En el caso de un estándar dado, se tiene un valor para σ que es dado por la dirección o bien estimado de los datos anteriores. Si σ_0 es este valor dado de σ, entonces la gráfica R se construye conforme a:

$$LSC = d_2\sigma_0 + 3\, d_3\sigma_0 = \sigma_0\,(\, d_2 + 3d_3\,) = D_2\sigma_0$$

$$LC = d_2\sigma_0 = R_0$$

$$LIC = d_2\sigma_0 - 3\, d_3\sigma_0 = \sigma_0\,(\, d_2 - 3d_3\,) = D_1\sigma_0$$

Los coeficientes $d_2, d_3, D_1, D_2, D_3, D_4$, se encuentran tabulados para distintos valores del tamaño de muestra n, en la tabla 2 del apéndice.

GRÁFICAS S

Las gráficas de control S, se usan cuando se tienen muestras grandes con $n \geq 7$; en este caso el rango pierde eficiencia estadística como estimador de la dispersión y en su lugar debe usarse directamente la desviación estándar muestral, sin hacerlo en forma indirecta mediante el uso del Rango.

Si no se tiene un estándar y $S_1, S_2, \ldots S_K$, son los valores de las desviaciones muestrales registradas, entonces la línea central se encuentra en :

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^{K} S_i}{K}$$

donde:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\, X_i - \bar{X}\,)^2}{(\, n - 1\,)}}$$

Para los límites de control, se estima la $\sigma = \bar{S}/C_4$, de manera que la desviación estandar de $\bar{S}$ se estima así:

$$\sigma_{\bar{s}} = \frac{\bar{S}}{C_4}\sqrt{1 - (C_4)^2}$$

Y los límites de control se situan en :

$$LSC = \bar{S} + 3\frac{\bar{S}}{C_4}\sqrt{1-(C_4)^2} = \bar{S}\left[1+\frac{3}{C_4}\sqrt{1-(C_4)^2}\right] = B_4\,\bar{S}$$

$$LC = \bar{S}$$

$$LIC = \bar{S} - 3\frac{\bar{S}}{C_4}\sqrt{1-(C_4)^2} = \bar{S}\left[1-\frac{3}{C_4}\sqrt{1-(C_4)^2}\right] = B_3\,\bar{S}$$

Si se tiene un valor dado de antemano para la desviación estandar poblacional σ_0 entonces se construye la gráfica así:

$$LSC = C_4\,\sigma_0 + 3\sqrt{1-(C_4)^2}\;\sigma_0 = \sigma_0\left[C_4 + 3\sqrt{1-(C_4)^2}\right] = B_6\sigma_0$$

$$LC = C_4\,\sigma_0 = S_0$$

$$LIC = C_4\,\sigma_0 - 3\sqrt{1-(C_4)^2}\;\sigma_0 = \sigma_0\left[C_4 - 3\sqrt{1-(C_4)^2}\right] = B_5\sigma_0 .$$

Donde los coeficientes B_3, B_4, B_5, B_6 y C_4 se encuentran tabulados para distintos valores de n, en la tabla 2 del apéndice.

GRÁFICAS $\bar{X}$

La gráfica de promedios o gráfica $\bar{X}$, es el instrumento más usado para monitoreo y control de la tendencia central de una variable.

La gráfica $\bar{X}$ va acompañada, y debe diseñarse después, de una de las gráficas para control de dispersión vistas anteriormente. Los límites de control de la gráfica $\bar{X}$, son calculados de distinta manera dependiendo de la gráfica de dispersión acompañante en el caso en que no se tiene estándar dado para la dispersión.

Si no se tiene estándar dado y $X_1, X_2, \ldots X_K$, son las medias registradas en las K muestras cada una de tamaño n, entonces, la línea central se situa en el gran promedio:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{K} \bar{X}_i}{K}$$

$\sum$ = sumatoria

X_i = valor observado

n = tamaño de la muestra

K = número de muestras

$\bar{X}_i$ = Media de las muestras

$\bar{\bar{X}}$ = Gran promedio

donde:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

Cuando la gráfica de dispersión acompañante es la gráfica R, la desviación estandar se estima como $\bar{R}/d_2$, entonces la gráfica $\bar{X}$ se construye:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\bar{R}}{d_2\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

Cuando la gráfica de dispersión acompañante es la gráfica S, la desviación estandar se estima como $\bar{S}/C_4$ y los límites de control son:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\bar{S}}{C_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$$

$$LC = \bar{\bar{X}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\bar{S}}{C_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$$

Donde los coeficientes A_2 y A_3 se encuentran tabulados para distintos valores de n, en la tabla 2 del apéndice.

Si se tiene un estándar dado, para la media y desviación estándar poblacional (μ_0 y σ_0) la gráfica se diseña de la siguiente manera:

$$LSC = \mu_0 + 3 \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

$$LC = \mu_0 = \bar{X}_0$$

$$LSC = \mu_0 - 3 \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$$

GRÁFICAS X

Las gráficas de control por individuales (Gráficas X) es necesario utilizarlas en procesos donde es inconveniente, caro, impráctico o imposible, obtener más de una medición cada vez. También en procesos en los que se usa tecnología de inspección y medición automatizada, que analiza cada unidad fabricada. Es usual utilizar estas gráficas de control en situaciones en las que los datos se obtienen muy despacio y no sería práctico esperar una muestra mayor, siendo así el tamaño de la muestra n=1.

Si no se tiene un estándar dado, la línea central se situa en:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{K} X_i}{K}$$

X_i = valor observado

K = número de observaciones

Para los límites de control debe hacerse una estimación de σ. Esto se hace de dos modos: en el primer método, la σ se estima directamente con la desviación estandar muestral de todas las observaciones.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{K} (X_i - \bar{X})^2}{K - 1}}$$

Este método es recomendable sólo en situaciones en las que se tenga variabilidad controlada. Si hay razones para sospechar cambios en la variabilidad de observación a observación, la estimación de σ con todas las observaciones ocultará este fenómeno.

El segundo método es el del rango móvil, este método es el que se usará para estimar la σ y así calcular los límites. El rango móvil emplea el valor absoluto de la diferencia de dos observaciones sucesivas, por lo tanto, en un conjunto total de K observaciones hay entonces K-1 rangos moviles.

$$R_{mov_i} = | X_i - X_{i-1} | \qquad i = 2,3,4....,K$$

Teniéndose K-1 observaciones del rango móvil, si se tienen K valores observados para X_i, se calcula el promedio del rango móvil, siendo éste la línea central de la gráfica R.

$$\bar{R}_{mov} = \frac{\sum_{i=2}^{K} R_{mov_i}}{K - 1}$$

La desviación estándar se estima como:

$$\sigma = \bar{R}_{mov} \ / \ d2$$

Es costumbre acompañar a la gráfica X con una gráfica de rango móvil, siendo sus parámetros los siguientes:

Carta X

$$LSC = \bar{X} + 3\,\frac{\bar{R}_{mov}}{d2} = \bar{X} + A2\,\bar{R}_{mov}$$

$$LC = \bar{X}$$

$$LIC = \bar{X} - 3\,\frac{\bar{R}_{mov}}{d2} = \bar{X} - A2\,\bar{R}_{mov}$$

Carta R_{mov}

$$LSC = D4\,\bar{R}_{mov}$$

$$LC = \bar{R}_{mov}$$

$$LIC = D3\,\bar{R}_{mov}$$

Si se tiene un estándar dado, es decir valores, para la media y la desviación estándar, especificados o estimados anteriormente (μ_0 y σ_0), la gráfica X se diseña con los siguientes parámetros:

$$LSC = \mu_0 + 3\sigma_0$$

$$LC = \mu_0$$

$$LIC = \mu_0 - 3\sigma_0$$

2.6 ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL

Al iniciar el estudio de un proceso o cuando existe un cambio significativo con el cual se altera en forma permanente las condiciones del proceso, es necesario recabar datos del mismo, esto se hace registrando los datos en una gráfica con escalas elegidas arbitrariamente llamada comúnmente, de corridas o visuales. Una vez recabados aprox. 30 datos se obtienen los límites de control; utilizando las fórmulas correspondientes al tipo de gráfica elegida, se dice que estos son "límites de control de prueba" y si todos los puntos caen dentro de estos límites y no muestran tendencias, carreras o ciclos, se dice que el proceso está bajo control y estos límites de prueba son adecuados para controlar la producción actual y futura, en caso de presentar puntos fuera o algún patrón antes mencionado, es necesario analizarlo.

1.- UNO O MÁS PUNTOS CAEN FUERA DE LA REGIÓN DE CONTROL

Si existen puntos fuera de los límites de control, es necesario revisar estos límites. Se examina cada uno de los puntos fuera de control y se busca una causa atribuible; para encontrar ésta, se deben emplear algunas de las demás herrámientas usadas por el CEP, las cuales se revisan más adelante. Una vez que se encuentrá la causa atribuible, se justifica el eliminar este punto, este proceso debe realizarse para cada uno de los puntos fuera de control. Terminada esta tarea se vuelve a calcular los límites de control de prueba, utilizando únicamente los puntos restantes; es posible que los puntos que están bajo control pudiesen quedar fuera de control, por que los nuevos límites de control de prueba por lo regular son más estrechos que los anteriores. Se debe entonces examinar los puntos fuera de control (si es que los hay) y así sucesivamente, hasta que todos los puntos fuera de control sean eliminados. Posteriormente deben analizarse las gráficas resultantes, para identificar si existen patrónes no aleatorios, de no existir, en ese momento se aceptan los límites de control de prueba para el uso actual.

2.- NO HAY PUNTOS FUERA DE LA REGIÓN DE CONTROL PERO LA GRÁFICA PRESENTA UN PATRÓN NO ALEATORIO O NO ATRIBUIBLE

Cuando los puntos localizados muestran algún patrón de comportamiento no aleatorio, muestran una influencia en todos o la mayoría de los puntos de la gráfica y no debida a observaciones aisladas. Si logra descubrirse una causa asignable para este efecto, es recomendable iniciar de nueva cuenta el estudio, si esta causa es eliminable. Si la causa no es discernible o eliminable, debe reenfocarse totalmente la técnica de estudio, a manera de tomarla como parte integrante del proceso. A continuación se nombran los principales patrones no aleatorios.

A.- UNA CORRIDA

Una corrida se define como la sucesión de observaciones del mismo tipo, que se encuentran en un mismo lado de la línea central, por arriba o por abajo, pero que todavía caen dentro de los límites. si la corrida es de ocho puntos consecutivos a un lado de la linea central se interpreta como una señal de una condición fuera de control.

B.- TENDENCIA

Cuando existe un cambio progresivo fijo en los puntos, se le llama tendencia, y puede ser ascendente o descendente. Este patrón de comportamiento puede ser provocado por un equipo desgastado o algún deterioro en la máquina.

C.- CICLO

Un ciclo está determinado por una trayectoria de arriba hacia bajo. Este patrón puede indicar un problema en el proceso, como fatiga o cansancio del operador, suministro de materia prima, etc.. Como el proceso no está fuera de control realmente, puede mejorarse la producción, eliminando o reduciendo las fuentes de variabilidad que ocasionan este comportamiento.

D.- MEZCLADO

La gravedad de un mezclado, depende del grado de superposición de las distribuciones; esta mezcla puede deberse a un sobrecontrol, que ocurre cuando los operadores ajustan con demasiada frecuencia el proceso, actuando sobre la variabilidad aleatoria del proceso en lugar de hacerlo solo en causas especiales . Se nota un mezclado cuando los puntos tienden a quedar muy cerca o fuera de los límites de control y existen pocos puntos cercanos a la línea central.

E.- ESTRATIFICACIÓN

Se observa este patrón cuando la tendencia de los puntos es quedar agrupados artificialmente alrededor de la línea central. Se nota una falta notable de variabilidad natural en el proceso; una posible causa es el cálculo incorrecto de los límites de control o que el operador manipule los resultados.

El objetivo de reconocer los patrones sistemáticos o no aleatorios en las gráficas de control, es encontrar la razón de este comportamiento. La capacidad de interpretar un patrón particular en términos de causas atribuibles, requiere experiencia y conocimiento, no solo de los principios estadísticos de las gráficas de control, sino tambien del proceso.

3.- NO HAY PUNTOS FUERA DE LA REGION DE CONTROL, NO HAY TAMPOCO PATRONES NO ALEATORIOS, PERO EL NIVEL DE OPERACIÓN NO ES EL DESEADO

En dicha situación, todos los autores coinciden en que la solución está fuera de la responsabilidad del personal de línea, o dicho de otro modo, es una falla del sistema y su corrección es responsabilidad de la dirección. El diseño del producto y del proceso deben revisarse, la situación óptima de los controles del equipo o aún el equipo mismo, deben quizá cambiarse o reconsiderar los estándares de especificación. Las técnicas de apoyo más útiles en este contexto son las de diseño experimental.

4.- NO HAY PUNTOS FUERA DE LA REGIÓN DE CONTROL, NI PATRONES NO ALEATORIOS Y EL NIVEL DE OPERACIÓN ES ACEPTABLE

En esta situación, el proceso opera con exactitud y precisión aceptable, es decir, esta en control estadístico, en sentido fuerte. El ciclo de calidad se inicia y lo que debe hacerse, es continuar registrando observaciones, usando los parámetros de diseño establecidos.

La gráfica de inicio, se convierte en gráfica de operación para el monitoreo del proceso a futuro.

2.7 CAPACIDAD DEL PROCESO CP Y CPk

Es importante recalcar que no existe relación matemática o estadística entre los límites de control y los límites de especificación del proceso. Los límites de control, son el resultado de la variabilidad natural del proceso, medida por la desviación estándar. Los límites de especificación son determinados, tal vez, por la administración, los ingenieros de producción, el cliente o los diseñadores del producto, pero es necesario conocer la variabilidad inherente del proceso al fijar las especificaciones.

De ninguna manera se puede hablar de obtener índices o coeficientes, que miden la capacidad de un proceso, si éste no se encuentra bajo control estadístico.

La capacidad del proceso es medida por diversos coeficientes o índices, y estos se expresan en términos de las siguientes cantidades.

LIE = Límite inferior de especificación.
LSE = Límite superior de especificación.
σ = Desviación estándar poblacional (estimada).
μ = Valor medio poblacional (estimado).
N = Valor nominal especificado para la media del proceso.

El cálculo del índice de la capacidad de proceso (CP), considera la premisa de que los datos del proceso, muestran una distribución normal con su valor medio (μ) en el centro; si la distribución del proceso está distorsionada, se tendrá que hacer ajustes en dichas fórmulas.

- Revisión de límites ya existentes para mejorar el servicio o producto.
- Ajustes de máquinas para su operación normal.
- Información para mantenimiento preventivo.

2 .8 USOS DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL

1.- La gráfica de control es un instrumento efectivo para el mejoramiento de la productividad. La influencia primordial en este sentido es la disminución sustancial de desperdicios, retrabajo y rechazos.

2.- La gráfica de control es un instrumento efectivo para prevención, es más económico prevenir la producción de malos productos, que separar malos y buenos al final.

3.- La gráfica de control es una herramienta de diagnóstico, respecto a los procesos. La gráfica de control provee de una historia y un mecanismo de pronóstico en un proceso, es efectiva para decidir si un ajuste es o no necesario y si lo es, de quien es la responsabilidad del cambio. Provee de una definición operativa para la calidad y la capacidad del proceso.

4.- La gráfica de control es un instrumento de comunicación. El desempeño del proceso es accesible y comunicable, aun a las personas no directamente involucradas en el mismo, ya sea en el interior de la empresa o entre distintas empresas.

La fórmula para calcular el CP, es la relación entre la dispersión permitida al proceso (que se da por los límites de especificación o de tolerancia) y la dispersión que realmente tiene el proceso (que es calculado por 6 veces la desviación estándar (σ)).

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

INDICE DE DESVIACIÓN DE ESPECIFICACIÓN NOMINAL k.

Es una medida escalada de la magnitud de la desviación del nivel medio del proceso respecto de la especificación nominal.

$$k = \frac{(N - \mu)}{(LSE - LIE)/2}$$

$CPU = (LSE - \mu) / 3\sigma$ $\qquad$ $CPL = (\mu - LIE) / 3\sigma$

si $CPU = CPL$, el proceso se encuentra centrado.

$Cpk = \min (CPU , CPL)$

A) Si la especificación es centrada , es decir que el valor nominal es justamente el promedio de los límites de especificación.

$$N = (LSE + LIE) / 2$$

Se tienen dos casos:

i) si $\mu < N$, $k > 0$

entonces $Cpk = CPL = Cp (1 - k)$

ii) si $\mu > N$, $k < 0$

entonces $Cpk = CPU = Cp (1 + k)$

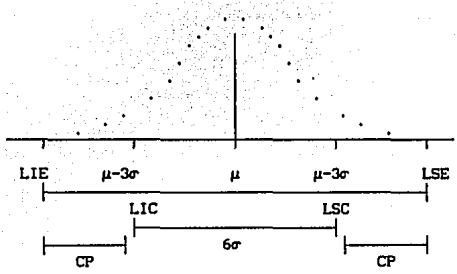
B) Si el proceso está centrado

$$\mu = (LSE + LIE) / 2$$

$$Cpk = Cp$$

C) Bajo cualquier situación

$$Cp = \frac{1}{2} (CPU + CPL) \geq Cpk$$



FUNCIÓN DEL "CP" EN LA CALIDAD DEL PROCESO.
Verifica los estándares que se están utilizando.

APLICACIONES IMPORTANTES DEL CP.

- Hacer comparaciones entre especificaciones de producto y proceso.
- Selección de nuevo equipo (precisión y costo).
- Evaluación de la eficiencia de mantenimiento.
- Comparación entre maquinaria disponible.
- Evaluación periódica de la calidad del proceso.
- Análisis de problemas causados por materia prima.
- Analizar la diferencia entre operadores, turnos, lineas de producción, etc.
- Determinación de nuevas tolerancias o límites de especificación en proceso y producto.

TIPOS DE GRÁFICAS DE CONTROL.

GRÁFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.
DATOS DISCRETOS

DEFECTUOSOS

- Gráficas-p
  - Tamaño de muestra constante
    - Sin estándar
    - Con estándar
  - Tamaño de muestra variable.
    - Sin estándar
    - Con estándar

DEFECTOS.

- Gráficas-c — Tamaño de muestra constante, $n = 1$
  - Sin estándar
  - Con estándar
- Gráficas-u
  - Tamaño de muestra constante
    - Sin estándar
    - Con estándar
  - Tamaño de muestra variable.
    - Sin estándar
    - Con estándar

GRÁFICAS DE CONTROL POR VARIABLES.
DATOS CONTINUOS.

- Gráficas $X\text{-}R_{mov}$ — Tamaño de muestra constante, $n = 1$
  - Sin estándar
  - Con estándar
- Gráficas $\bar{X}\text{-}R$ — Tamaño de muestra constante, $2 \leq n \leq 6$
  - Sin estándar
  - Con estándar
- Gráficas $\bar{X}\text{-}S$ — Tamaño de muestra constante, $n > 7$
  - Sin estándar
  - Con estándar

CAPITULO III.

HERRAMIENTAS DE APOYO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL CEP

En este capítulo se resume en una forma breve, las herramientas básicas que sirven de apoyo para la implantación del CEP, así como de ayuda en el análisis de las gráficas de control, al buscar causas atribuibles o especiales, cuando existe uno o más puntos fuera de control. Es importante en la solución de un problema, el seleccionar las herramientas que se requieran, para que la solución sea satisfactoria.

3.1 DIAGRAMA DE PARETO

Un diagrama de Pareto, describe gráficamente la relación entre un problema identificado y sus causas.

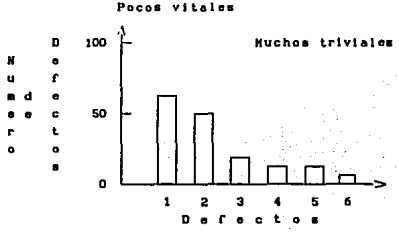


Diagrama típico de Pareto.

Un diagrama de Pareto es útil para identificar prioridades. Resalta de manera gráfica, las causas potenciales que deben recibir la mayor atención; entre los problemas a resolver dentro de un sistema, existen pocos que son vitales y muchos que son triviales,

por lo que, debe seleccionarse el problema principal, que debe de ser atacado. Es más fácil disminuir en un 50% un problema grande, que acabar totalmente con un pequeño.

El diagrama de Pareto sirve comúnmente como una herramienta de análisis y de representación de datos, que ayuda a la definición del problema. Para poder usar eficientemente el diagrama de Pareto, se necesita poseer datos históricos relacionados al problema y a las causas individuales.

USOS DEL DIAGRAMA DE PARETO.

1.- El diagrama de Pareto es el primer paso para efectuar mejoras y para lograrlo, es necesario que todas las personas involucradas cooperen y para que esta cooperación tenga un fuerte impacto, se debe seleccionar una meta u objetivo concreto.

2.- Los diagramas de Pareto pueden utilizarse para la realización de mejoras en todos los aspectos de la planta, tales como: proceso, eficiencia, administración, ahorro de costos, etc..

3.- Los diagramas de Pareto muestran los resultados o efectos de las mejoras realizadas y sirven también, para confirmar su impacto.

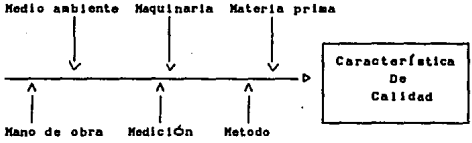
3.2 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

Este diagrama fue desarollado por el doctor Kaoru Ishikawa en Japón en 1953 y desde entonces ha contribuido en la solución de problemas de calidad, al mejorar los procesos de producción.

El diagrama de causa y efecto divide las causas que afectan o influyen en determinada característica de calidad o problema.

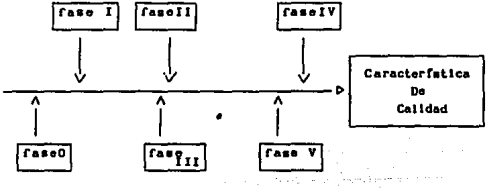
TIPOS DE DIAGRAMAS

CONSIDERANDO LAS PARTES DE UN PROCESO M 's

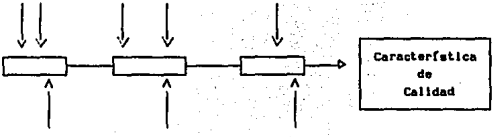


Causa Efecto

CLASIFICACIÓN (FASES) DEL PROCESO DE PRODUCCION



CAUSAS PRINCIPALES



USOS DEL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

El diagrama sirve para identificar qué causa se debe investigar primero, con el propósito de mejorar el proceso, para resolver el problema en la característica de calidad.

1.- Es necesario llevar a cabo una tormenta de ideas, con las personas involucradas en el problema, sobre cuáles factores son significantes.

2.- Es conveniente observar el proceso y revisar los registros de las operaciones, con el diagrama de causa y efecto para encontrar los factores que estén operando fuera de los estándares.

3.- Sirve para enseñar y entrenar sobre el proceso a los propios participantes que lo elaboran.

3.3 HISTOGRAMA

El histograma es una presentación de datos en forma ordenada, con el fin de determinar las veces en que ocurren las variaciones. El histrograma revela información valiosa respecto al proceso de producción, así como, la estabilidad de la producción y el cumplimiento de las normas de operación, es decir, juega un papel importante en el análisis del proceso.

USOS DEL HISTOGRAMA.

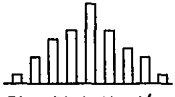
1.- Obtener el conocimiento acerca de la distribución de la población como:

- Forma de la distribución (tipo de distribución).
- Localización de la distribución (media).
- Dispersión de la distribución (desviación estándar).

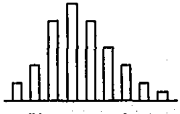
2.- Conocer la relación entre los límites de especificación o de tolerancia y la distribución de la población.

3.- Confirmar efectos de mejoras realizadas en el proceso.

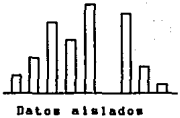
PATRONES COMUNES DE HISTOGRAMAS.



Tipo Distribución Normal



Tipo sesgada



Datos aislados

TIPOS DE HISTOGRAMAS

Distribución Normal

El histograma de una muestra tomada de un proceso aleatorio bien controlado, siempre es de este tipo.

Sesgado.

Este histograma se observa en casos de defectos o fallas, puesto que son muestras que provienen de una población Binomial o Poissón.

Datos aislados.

Este se da, debido a errores en mediciones o en la toma de la muestra.

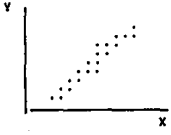
3.4 DIAGRAMA DE DISPERSION

Este es una gráfica simple X-Y, de cualquier par de datos apropiados de proceso o producto.

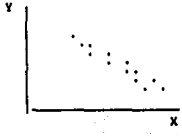
Puede haber diversas variables de proceso que afecten otros parámetros de interés, o más aun, que afecten al producto directamente. Los diagramas de dispersión se pueden desarrollar para cada uno de los parámetros sospechosos, para establecer cual de ellos tienen el mayor impacto.

El diagrama de dispersión se utiliza en la solución de problemas de la calidad en proceso y producto, ya que sirve para cuantificar la influencia entre dos variables del proceso a controlar.

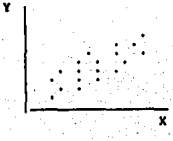
PATRONES COMUNES DE DIAGRAMAS DE DISPERSION.



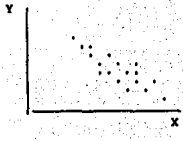
Correlación positiva



Correlación negativa



Posible correlación positiva



Posible correlación negativa

No correlación

3.5 DIAGRAMA DE ESTRATIFICACIÓN

Clasifica los datos en una serie de grupos con características similares, con el objeto de analizar las causas elegidas y encontrar la causa principal fácilmente y confirmar su efecto sobre la característica de calidad a mejorar.

Los datos se clasifican como: defectivos, causas, fenómenos, tipos de defectos. Otros tipos de estratificación son: por operarios, por días de trabajo, etc.

La estratificación también se puede usar en histogramas, diagramas de dispersión, gráficas de control, etc.

Piezas	Maquina A	Maquina B
Producidas	———	———
defectivas	———	———
%defectivo	———	———

Ejemplo de estratificación por máquina.

La estratificación se utiliza para detectar de una manera fácil cuáles son las condiciones que influyen sobre la característica de calidad o el problema.

3.6 HOJAS DE VERIFICACIÓN

Una hoja de verificación es un formato especial, construido para colectar datos fácilmente, en la que todos los factores necesarios son previamente establecidos y en la que los resultados de inspección o resultados de operaciones, son fácilmente descritos con marcas utilizadas para verificar.

En el control de proceso por medio de métodos estadísticos, es de vital importancia la obtención de datos, siendo este un objetivo de las hojas de verificación, así como, la inspección y el análisis.

HOJA DE CHEQUEO

NO.____

Producto_____ fecha_____
Etapa _____ Seccion_____
Defecto_____ Inspector_____
Nota_____ Lote No. _____

Defecto Tipo	Chequeo	Subtotal
A	////////	___
B	//////////	___
C	////	___
D	///////////	___
Otros	//	___
	Gran total	____
Rechazos total	//////////////////	____

Ejemplo de hoja de chequeo para articulos defectivos.

USOS DE LAS HOJAS DE VERIFICACIÓN.

1.- Examinar la distribución de un proceso de producción.
2.- Verificar o examinar artículos defectivos .
3.- Examinar o analizar la localización de defectos.
4.- Verificar y analizar la operación.

CAPITULO IV
DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA COMPUTADORA

4.1 ALCANCES DEL PROGRAMA

El programa desarrollado en este trabajo realiza la gráfica de control correspondiente, en base a una serie de datos, y permite conservar estos en un archivo.

Asimismo calcula los parámetros estadísticos mas relevantes de esa población, permitiendo la impresión de estos junto con los datos, y ademas la impresión de la gráfica por separado.

Las gráficas de control que pueden realizarse con el programa son:

Graficas de control:	**por atributos**	**por variables**
	Gráficas p	Gráficas X-Rmov
	Gráficas u	Gráficas $\tilde{X}$-R
	Gráficas c	Gráficas $\tilde{X}$-S

Es posible realizar el cálculo para este tipo de gráficas, cuando no se tienen estándares o si se dispone de estos.

Para gráficas de atributos permite tamaños de muestra constantes o variables, en estas últimas, el programa utiliza la alternativa de tamaño de muestra promedio para el cálculo de límites.

Es importante mencionar que estos cálculos, se realizan con la teoría vista anteriormente. Las gráficas np no las realiza el programa ya que estas son poco prácticas en la industria, es más común emplear la gráfica p, ya que ésta indica la fracción defectuosa. Este parámetro da una visión más completa y clara de la calidad en que se mueve el proceso.

4.2 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El programa para computadora se desarrolla en lenguaje BASIC, empleando el compilador QBasic de Microsoft, el cual cuenta con varias inovaciones y mejoras para la elaboración de programas en forma estructurada. El compilador utilizado trabaja bajo el sistema operativo MS-DOS de Microsoft y por lo tanto tambien el programa desarrollado.

La estructura del programa, se basa en un programa principal, éste consta de varios procedimientos y funciones (subprogramas), que son llamados en el orden en que van siendo requeridos.

Los subprogramas cumplen tareas específicas dentro del programa principal y en forma general, pueden englobarse en: aquellos que manipulan los archivos de datos, los que realizan los cálculos estadísticos, los que realizan las gráficas y aquellos que controlan los dispositivos de salida y entrada de la computadora.

Respecto a aquellos que manipulan los archivos de datos, se encuentran subprogramas que realizan las siguientes tareas: crear, abrir, cerrar, editar y salvar a los archivos de datos.

Para realizar los cálculos estadísticos, se cuenta con distintas rutinas para cada una de las gráficas de control, así como, para el cálculo de las capacidades del proceso.

En la elaboración de gráficos este realiza las diferentes gráficas de control, asi como la parametrización de los datos.

Para el control de los dispositivos de salida y entrada se cuenta con el de impresión y otros para los procesos de captura y manipulación de errores.

El listado del programa se encuentra en el Anexo 1.1, para el caso de que se quiera realizar un análisis detallado de la forma en que trabaja el programa o cuando surga la necesidad de realizar modificaciones para incluir mejoras.

4.3 MANEJO DEL PROGRAMA

Este trabajo de tésis cuenta con un diskette, en el cual se encuentra el programa ejecutable CEP.EXE . Para iniciar este programa es necesario introducir el diskette en la unidad de disco y posteriormente ejecutar el programa tecleando el nombre de éste.

Al iniciar aparece una pantalla de captura (Anexo 1.2), y en la parte inferior de la pantalla una barra de menús, donde se indica lo siguiente:

F1 Crea un archivo nuevo
F2 Abre un archivo existente
F3 Edita el archivo en memoria
F4 Calcula la media y los límites de control
F5 Realiza la gráfica y la presenta en la pantalla
F6 Imprime los datos y parámetros estadísticos
F7 Salva el archivo en memoria

CREAR UN ARCHIVO NUEVO

Si se requiere crear un archivo, entonces se procede a llenar la pantalla de captura, la cual consta de los siguientes campos:

- Localización del archivo de trabajo

Iniciando con la unidad de disco en la que se quiera guardar el archivo de datos, y en caso de que exista, del subdirectorio de trabajo, para pasar al siguiente campo, presione la tecla de movimiento descendente o la tecla enter.

- Nombre del archivo de trabajo

Introducir un nombre de archivo el cual no exceda de 8 caracteres, no es necesario incluir ninguna extensión, ya que el programa en forma automática introduce la extensión (.PRO) a todos los archivos de datos. Se recomienda usar un nombre de archivo que fácilmente le recuerde la información que contiene.

- Equipo o Area de trabajo

Introduzca el nombre o la descripción del equipo; en muchos casos es recomendable introducir en este campo, el nombre del proceso, cuando no existe o no es relevante el nombre del equipo. Cuenta con 20 caracteres en este campo.

- Material

Introduzca el nombre del material o producto del cual se realiza el análisis. Cuenta con 20 caracteres para introducir éste.

- Propiedad

Es la característica de calidad que se le mide al producto. Cuenta con 20 caracteres para introducir el nombre.

- Tipo de gráfica

Según el tipo de gráfica que se debe de emplear, seleccione ésta, en base al número que le corresponde del menu que despliega el programa en ese instante.

- Tamaño de muestra

Es el mismo con el que ésta realizando su muestreo en el proceso. Cuando el tamaño de muestra en su proceso es distinto de muestra a muestra, es necesario introducir en este campo el valor medio del tamaño de muestra.

- Límite superior de especificación
Introducir el valor de la especificación acordada con el cliente o por los diseñadores del producto. En caso de no existir o de no ser necesaria, introduzca el carácter [/]; para indicar al programa que no aplica.

- Límite inferior de especificación
Igual al punto anterior.

- No. de sigmas para el cálculo de límites, Cp y Cpk
Generalmente se utiliza 3 sigmas, pero se tiene la libertad de escoger otro valor, si se requiere un cálculo especial.

- Comentario
Le permite introducir un comentario, para que éste aparezca durante la impresión de la gráfica; podría ser el rango de fechas que abarcan los datos.

Posteriormente al llenado de esta pantalla, se teclea <F1>, con el propósito de introducir los datos del archivo, estos datos deben introducirse en forma de lista y en orden progresivo de su ocurrencia en el tiempo; cuando se tienen tamaños de muestra superiores a uno, deben de introducirse todos los datos de la primera muestra, posteriormente todos los datos de la segunda muestra y asi sucesivamente.

Para el caso de gráficas de variables, el valor a introducir será la medición de la característica de calidad, recordando que debe de estar en las mismas unidades que los valores dados para los límites de especificación. En el caso de gráficas-p, debe introducirse el número de defectuosos en la muestra, en el caso de las gráficas-c, debe de introducirse el número de defectos en la unidad de inspección y por último en las gráficas-u, debe introducirse el número de defectos por unidad de inspección.

Al terminar de introducir sus datos se presiona la tecla ESC, para regresar a la pantalla principal.

ABRIR UN ARCHIVO EXISTENTE

En caso de que se cuente con un archivo previamente creado, se llena los dos primeros renglones de la pantalla principal:

- Localización del archivo de trabajo
- Nombre del archivo del trabajo

De no recordar el nombre del archivo de trabajo, estando en el campo del "Nombre del archivo", se teclea [/] y el programa mostrará los archivos existentes en la localización seleccionada.

Una vez llenos estos dos campos se teclea <F2>, y el programa abre el archivo deseado.

EDITAR UN ARCHIVO

Para editar un archivo es necesario que se encuentre en memoria, esto se logra con <F1> o <F2>, para editar el archivo se teclea <F3> y se despliegan los datos para efectuar correcciones o anexar más datos al archivo; para moverse entre los datos, utilice las flechas de dirección arriba y abajo o enter.

CALCULOS ESTADÍSTICOS

Cuando se tienen los datos en memoria, ya sea utilizando <F1> o <F2> y se quieren obtener los parámetros estadísticos y la capacidad del proceso, se teclea <F4>, entonces el programa pregunta si desea introducir sus estándares de media y desviación estándar; en caso de así solicitarlo, el programa permite introducirlos en forma inmediata; de no haber elegido esta opción, el programa los evaluará con los datos en memoria. Posteriormente realiza el cálculo de las capacidades de proceso y despliega en la parte inferior de la pantalla principal, los valores obtenidos.

VISUALIZACIÓN DE LA GRÁFICA

Para poder visualizar la gráfica, es necesario haber calculado los límites de control, utilizando <F4>; la gráfica se despliega después de teclear <F5>. En el caso de las gráficas de datos variables, éstas se componen de dos gráficos, en la parte superior se encuentra aquella que muestra el comportamiento de los datos con respecto al valor medio, y en la parte inferior la dispersión que tienen estos. Para el caso de gráficas de atributos, existe solo el gráfico que muestra los datos con respecto al valor medio.

IMPRESIÓN DE DATOS

Para realizar la impresión de los datos y los parámetros estadísticos, teclee <F6>, con lo cual, se envía la señal a la impresora, la cual deberá encontrarse encendida y en línea. Para imprimir la gráfica es necesario desplegarla en la pantalla tecleando <F5>, y en este momento teclear <Impr Pant> para enviar la señal a la impresora; posteriormente presione cualquier tecla para regresar a la pantalla principal.

SALIR DEL PROGRAMA.

Es posible salirse del programa en cualquier momento, tecleando únicamente <ESC> repetidas veces.

>> IMPORTANTE <<

El desarrollo de un programa es un proceso dinámico, y por lo tanto se requiere de un mantenimiento constante, implementando mejoras y nuevas ideas, por todo esto, los puntos revisados sobre el manejo del programa pueden variar un poco con respecto a la ultima versión de este, sin embargo proporcionan una idea clara de como se utiliza. La información actualizada se encuentra en el mismo diskette del programa en el archivo CEP.TXT, edite o imprima este archivo de texto para conocer los ultimos cambios realizados al programa, posteriores a la impresión de este trabajo.

CAPITULO V
APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA

Se llevarán a cabo dos estudios con la información recopilada, auxiliándose del programa realizado en este trabajo y del empleo de las gráficas de control y otras herramientas del CEP.

La aplicación de la herramienta requeriá de información, preferentemente de situaciones reales, para poder evaluar su utilidad; la información utilizada fue proporcionada por Industrias Resistol S.A. de su planta Lechería.

Dentro de la producción de la planta, existen tres giros de productos, de los cuales el SAN (Termoplásticos de estireno-acrilonitrilo) representa el negocio con más problemas de quejas por parte de los clientes. De este hecho y de un análisis de los productos de este giro, surge un proyecto de mejora para la producción de SANES transparentes, los cuales representan el 80% de las ventas de este negocio.

Del proyecto de mejora para la producción de SAN transparente, se genera un Diagrama de Pareto (Anexo 2.1) donde se muestran las propiedades requeridas del producto, contra las toneladas fuera de especificación por cada una de ellas, de lo cual se desprende que la contaminación y el HAZE (presencias de ráfagas que afectan la transparencia del polimero) son el principal problema. Se determino realizar dos proyectos, el primero para disminuir la contaminación y el segundo para la disminución del HAZE.

5.1 APLICACION EN DATOS DISCRETOS

PROYECTO DE DISMINUCIÓN DE CONTAMINACIÓN EN SAN TRANSPARENTE

Objetivo: Generar plan de acciones para eliminar el problema de contaminación en SAN transparente.

ANTECEDENTES

La contaminación se reconoce como el principal problema de calidad en la producción de SAN transparente.

De los meses de enero a julio de 1993 se han tenido 104 toneladas fuera de especificación en contaminación, de 478 toneladas producidas, lo que representa que el 21.8% se encuentra fuera de especificación, sólo en contaminación (Anexo 2.1).

DEFINIR EL PROBLEMA

La contaminación se define como la presencia de partículas extrañas en el polímero; éstas son partículas de material carbonizado mayores de 0.01 pulgadas de diámetro.

La medición de la contaminación se realiza de la siguiente manera: del producto terminado se toma una muestra, con la cual se produce un ficha mediante una inyectora en el laboratorio, y se cuentan los puntos negros mayores de 0.01 plgs., por tanto la variable o característica de calidad es discreta. Así la gráfica que se debe emplear es una gráfica de control por atributos, ya que, se miden defectos; como el tamaño de la muestra es una ficha, entonces se empleara una Gráfica C con tamaño de muestra 1.

Los datos se recolectan de la información acumulada en las carpetas del laboratorio y para el cálculo de los límites de control se utilizaron 3σ.

De la diversidad de SANES transparentes que se producen, se identificó al SAN-21-1010-HF como el de mayor producción, así como el que representa el mayor número de quejas; por esta razón, los datos recolectados corresponden únicamente a este material.

Los datos recolectados comprenden desde 1992 hasta julio de 1993. Se realiza la gráfica con estos datos utilizando, la media estándar de 1992.

La gráfica de contaminación del SAN-21-1010-HF, se encuentra fuera de control, a partir del 28 de mayo de 1993 (ver anexo 2.2)

IDENTIFICAR LAS CAUSAS

Para identificar que causas afectan a la contaminación, se llevó a cabo una lluvia de ideas con las personas involucradas en el proceso, obteniendo un diagrama de Causa y Efecto (Anexo 2.3), el cual reveló que las causas principales son:

- Materias primas contaminadas.
- Equipo desgastado y sucio
- Mal filtrado en el dado por uso de mallas inadecuadas.

ANALISIS DE LAS CAUSAS

Materias primas contaminadas:

Para evaluar la importancia de esta causa, se realiza una gráfica de control (Anexo 2.4) con los datos históricos de contaminación de la materia prima del 92 a jul-93, con un estándar dado en la media de 10.23 (Media estándar de 1992). Se consideró para el análisis al CN-82-HF, por ser éste, la materia prima para el SAN-21-1010-HF.

La contaminación del CN-82-HF, presenta un fuerte incremento en la media, desde enero de 1993 con respecto a 1992.

Equipo desgastado y sucio:

Los equipos viejos y desgastados, dificultan su limpieza y al quedar impurezas o partículas de material carbonizado, éstas pueden ser arrastradas por el mismo material.

Analizando el flujo del material dentro de la extrusora, se encontró que con un adecuado paquete de mallas (malla 200), en la cual, el diámetro libre entre los hilos es menor a 0.01 pulgadas, la contaminación hasta esta zona debe ser detenida por ésta, quedando el problema localizado después de la malla.

Paquete de mallas inadecuado:

El paquete de mallas usado normalmente es 20/200/100/60, sin embargo, se encontró que se estaba utilizando por error una malla 150, colocada como malla 200, esto por no contar en el almacén con esta malla, segun los movimientos del almacén se debe haber tenido malla 200 hasta aproximadamente mayo de 1993.

Al coincidir las fechas en que se deja de usar la malla 200, con la fecha en que se detecta claramente el fuera de control del SAN-21-1010-HF, se infiere que éste, debe ser un fuerte contribuyente al problema de contaminación.

ACCIONES PARA CUANTIFICAR Y ELIMINAR CONTRIBUCIONES DE CADA CAUSA

Materias primas contaminadas:

A partir del análisis de la gráfica de control para el CN-82-HF del 92-93, se lleva a cabo un paro en el departamento, para realizar acciones de mejora, con el fin de disminuir la contaminación en el CN-82-HF y para confirmar la habilidad de estas mejoras, se realiza una gráfica del CN-82-HF antes y después de las mejoras (Anexo 2.5).

Paquete de malla inadecuado:

Se solicita al almacén en forma inmediata este accesorio y se habla con el personal de operación, para concientizarlos de emplear rigurosamente la malla 200 y mantener limpio y en buen estado el equipo, desde la malla hasta la placa de orificio (Anexo 2.6).

Equipo desgastado y sucio:

Reconociendo como la parte del equipo que puede contribuir a la contaminación, la zona después de la malla que va hasta la salida de la placa de orificio, mantenimiento y manufactura decidieron maquinar y hacer algunas modificaciones al dado y placa de la máquina, para su más fácil limpieza y operación. En el anexo 2.6 se presenta la gráfica donde se contrasta el uso del dado reparado.

Posteriormente, del gran impacto observado de las acciones tomadas, se realiza una gráfica de control, recabando datos posteriores a estas mejoras y se implanta el llevar una gráfica de control de contaminación para los principales SANES transparentes (Anexo 2.7).

RECOMENDACIONES

Del analisis anterior se desprenden las siguientes recomendaciones:

- La malla 200, es la malla adecuada para filtrar partículas de 0.01 pulgadas de diámetro y debe usarse rigurosamente.

- El Dado debe mantenerse limpio y en dimensiones de diseño, además de contar con una rutina de mantenimiento preventivo.

- Debe de implantarse una gráfica de control, con el fin de monitorear la contaminación del CN-82-HF.

5.2 APLICACIÓN EN DATOS CONTINUOS.

PROYECTO DE DISMINUCIÓN DE HAZE PARA SAN

Objetivo: Generar plan de acciones para disminuir el problema de HAZE en SAN

ANTECEDENTES

A partir del proyecto de mejora para la producción de SAN, se concluyó que el HAZE es el segundo problema de calidad, después de la contaminación, considerando las toneladas fuera de especificación en esta propiedad (Anexo 2.1).

De los meses de enero a julio de 1993, se han tenido 85 toneladas fuera de especificación en HAZE, de 478 toneladas producidas, lo que representa que el 17.8% se encuentra fuera de especificación sólo en HAZE.

El HAZE es una propiedad informativa y por tal motivo se cuenta con información de esta característica, para sólo algunos productos y su materia prima.

DEFINIR EL PROBLEMA

El HAZE se define como la presencia de ráfagas que aparecen en la inyección del polímero y que afectan su transparencia.

Para llevar a cabo la medición del HAZE, se toman muestras en forma aleatoria del producto terminado y se forma una ficha mediante una inyectora, a la cual se le mide la absorbancia utilizando un espectofotómetro, la variable a medir es de naturaleza continua, por tanto se usará una gráfica de control de variables y como el tamaño de la muestra es una ficha, entonces se utilizará una gráfica de control por individuales. Para el cálculo de límites de control se emplean 3σ.

De los SANES transparentes con los que se cuenta información se decide utilizar los datos del SAN-21-1000-N y SAN-21-1000-HF y su materia prima; esta selección se basa en que estos materiales son naturales, es decir no llevan ningún pigmento y se elimina la posibilidad de alguna interferencia por mala dispersión de éste.

IDENTIFICAR CAUSAS

Se realiza una reunión con el personal involucrado y no se detectan cambios en el proceso del SAN-21-1000-N, SAN-21-1000-HF o en el de sus materias primas.

Se recolectan datos históricos de Haze para el SAN-21-1000-N y su materia prima CN-82, así como para el SAN-21-1000-HF y su materia prima CN-82-HF. En todas las gráficas se presenta una reducción importante de la media, en el mes de septiembre (Anexo 3).

ANÁLISIS DE LAS CAUSAS

La media de HAZE del CN-82 HF de 1992 a sep-93 es de 1.584 donde posteriormente baja a 0.799 representando una caída del 49.55% (Anexo 3.1 y 3.1a).

La media de HAZE en CN-82 Normal de 1992 a sep-93 es 1.905 donde después baja a 0.505 representando una caída del 73.49% (Anexo 3.2 y 3.2a).

La media de HAZE en SAN 21-1000-HF de 1992 a sep-1993 es de 1.890 donde después baja a 0.536 lo que representa un 75.2% (Anexo 3.3 y 3.3a).

La media de HAZE en SAN 21-1000-N de 1992 a sep-93 es de 1.992 donde despues baja a 0.575 lo que representa un 71.13% (Anexo 3.4 y 3.4a).

De este análisis de las gráficas, se realizó una investigación para poder explicar esta serie de cambios que se presentan en todas las gráficas y se encontró que hacia fines de agosto de 1993 se hizo un cambio en el proceso de medición de HAZE, usando la inyectora NB-II con un molde reparado, en lugar de emplear el equipo en que se venía realizando esta prueba, equipo NV-7; de este hecho se propone realizar un estudio de comparación de tratamientos para encontrar si existe una diferencia significativa entre las dos inyectoras (Anexo 3.5).

ANALISIS DE RESULTADOS

- De acuerdo al estudio de tratamientos, el reemplazo de la inyectora contribuye significativamente en la disminución de los valores del HAZE.

- La disminución en HAZE para el SAN-21-1000-N y el SAN-21-1000-HF está explicada completamente por el cambio de inyectora y molde.

- La media de HAZE para el CN-82 Normal (1.905) es significativamente igual a la media de HAZE del SAN 21-1000-N (1.992), por lo que el proceso de extrusión no contribuye a incrementar esta propiedad.

- En agosto de 1993 con la modificación de la inyectora y molde, la habilidad del proceso para la propiedad de HAZE para el SAN-21-1000-N, pasó de 0.0216 a 1.8629, calculados estos a 3 sigma, y para el SAN-21-1000-HF, pasó de 0.0126 a 2.0054 (Anexo 3.6 y 3.7).

- De la conclusión anterior se puede inferir que el proceso era realmente hábil en esta propiedad, pero el error de medición enmascaraba este resultado.

- Se comprueba lo anterior, ya que, con la habilidad que parecía tener el proceso, debieran haber existido quejas por parte de los clientes, sin embargo no se tienen reportadas en el año 93 quejas por este concepto.

RECOMENDACIONES

- Definición de un estándar para controlar confiabilidad de la prueba.
- Sistematizar auditoría periódica al estado de moldes de inyectoras.

CONCLUSIONES

La enseñanza, la capacitación y el entrenamiento en las empresas y universidades, e incluso el aprendizaje autodidacta, no pueden eludir el Control Estadístico de Procesos, que ahora se facilita enormemente con el uso de la maravillosa herramienta que es la computadora personal. Uno de los propósitos y logros de este trabajo es conjuntar la principal técnica de control de procesos aquí llamada gráfica de control con un programa de fácil manejo, con muy bajos requerimientos de capacidad de memoria y espacio en disco, esto con la finalidad de que el estudio de las gráficas de control deje de ser un trabajo destinado a los expertos en control estadístico, personas altamente especializadas con grandes equipos de computo pero muy alejadas de los procesos, y pase a formar una herramienta de uso en línea por los ingenieros de procesos, e incluso por el personal operativo, el cual se encuentra en contacto directo con las materias primas, los equipos y el producto final.

El objetivo de este trabajo que creemos se cumplió en forma muy satisfactoria es el de difundir, por un lado, que el control estadístico, empleando principalmente gráficas de control, toma una importancia primordial a medida que se desarrolla la tecnología de la detección y la medición , junto con la amplia disponibilidad de microcomputadoras. Por el otro, que la implantación de un Control Estadístico de Procesos, en el lugar de trabajo, se vuelve una actividad necesaria en las empresas, por lo cual resulta imperativo contar con una herramienta, como la desarrollada en este trabajo, con la finalidad de olvidar las complicadas fórmulas matemáticas y utilizar todo nuestro tiempo en poder aplicar la teoría a la práctica.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Asimismo, es importante hacer patente el gran entúsiasmo que manifestaron algunas personas al brindarnos su apoyo, y el interés que mostraron en el programa desarrollado, ya que esto nos ayudó a realizar los ejemplos mostrados al final del trabajo y así corroborar y realizar mejoras al programa, para su empleo en problemas que requirieron no sólo de éste, sino de un gran equipo de trabajo y varias herramientas que nos proporciona la estadística.

Para finalizar, creemos que toda aquella persona que haya leído este trabajo y en especial nosotros, los ingenieros químicos de este país, debemos formar parte de ese sector de la sociedad, que se esta preocupando por conocer, aprender y difundir estas técnicas.

Somos los ingenieros químicos los indicados para la implantación del control estadístico en las empresas mexicanas, no obstante, debemos saber adaptarlo a las necesidades de las industrias y a la mentalidad del mexicano.

Hay que estar conscientes que en el momento que escogemos la profesión de ingenieros químicos, adquirimos un compromiso con la sociedad.

Ahora ya no se tratá unicamente de conocer las técnicas del control estadístico, sino de ponerlas en práctica, para no ser sólo unos exhortadores de la calidad, debemos ir más allá, reflejar nuestros conocimientos teóricos en la práctica, impulsando a los miembros de las empresas a un cambio de mentalidad, con el objetivo de lograr un incremento real de la productividad en el desarrollo diario de la empresa, y en consecuencia, la mejora de la calidad de productos y servicios que se están ofreciendo a los clientes, creciendo de acuerdo a las nuevas demandas de los consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

1...Aguirre, T.V., "Diplomado: Estadística para la Calidad Total", I.T.A.M., México, 1993.

2...Arrona, H.F. "Calidad, el secreto de la productividad", C.E.C.S.A., México 1980.

3...Charbonneau, H.C., y G. L. Webster. "Control de Calidad", Nueva Editorial Interamericana, S.A de C.V., México 1983.

4...Deming, W.E. "Calidad, productividad y competitividad. La salida de la crisis" , Ediciones Diaz de Santos, S.A., Madrid 1989.

5...Dodge, H.F., (MIL-STD 105D), Bell System Technical Journal, Vol. 7, Abril de 1928.

6...Dodge, H.F. and M.N. Torrey, (MIL-STD 105D), Industrial Quality Control, Vol. 13, Julio de 1956.

7...Duncan, A.J. "Control de Calidad y Estadística Industrial", Ediciones Alfa, S.A de C.V. México 1990

8...Feigenbaum, A.V. "Control Total de la Calidad. Nueva Edición", C.E.C.S.A.,México 1987.

9...Frank, X. C., J.E. Chalmers and J.E. Evans, "Evolution to an effective and enduring spc system", Qual prog, vol. 23, num 2, feb. 1990, p.60-64 (5p).

10..Gonzalez, G.C. "Control de Calidad", McGraw-Hill Interamericana de México, S.A de C.V., México 1991.

11..Grant, E. L. y R. S. Leavenworth. "Control Estadístico de Calidad", C.E.C.S.A., México 1977.

12..Ishikawa, K. "¿ Que es el Control Total de Calidad ?, la modalidad Japonesa ", Grupo Editorial Norma, S.A., Colombia 1992.

13..Joyanes, A. L. "Programación en Quick BASIC", McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A., Madrid, 1989.

14..Joyanes, A.L. y L.A. Villar Pizarro. "Quick Basic Avanzado", McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A., Madrid, 1991.

15..Kane, V.E. "Defect Prevention, Use of Simple Statistical Tools", Marcel Dekker, Inc., New York, 1989.

16..Levin, R.I. "Estadística para administradores. (2a Edición)", Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México 1988

17..Microsoft, GW-Basic. "Guía y referencia del usuario", Microsoft Corporatión 1988.

17..Montgomery, D.C. "Introducción al Control Estadístico de la Calidad", Grupo Editorial Iberoamérica, S.A de C.V, México 1991.

18..Montgomery, D.C. "Diseño y Análisis de Experimentos", Editorial Iberoamérica, México, 1991.

19..Preciado, R.G., "Diplomado: Estadística para la Calidad Total", I.T.A.M., México, 1993.

ANEXOS

1. Programa para computadora
   1.1 Listado del programa
   1.2 Pantalla de captura

2. Proyecto de disminución de contaminación en SAN
   2.1 Diagrama de Pareto
   2.2 Histórico de contaminación para SAN-21-1010 de 92 a jul-93
   2.3 Diagrama de causa y efecto
   2.4 Histórico de contaminación para CN-82-HF de 92 a jul-93
   2.5 Datos de abr-93 a ago-93 de contaminación para CN-82-HF
   2.6 Datos de jul-93 a sep-93 de contaminación para SAN-21-1010
   2.7 Gráfica de control futura para contaminación de SAN-21-1010

3. Proyecto de disminución de HAZE para SAN
   3.1 Histórico de HAZE para CN-82-HF de 92 a oct-93
   3.1a Datos de sep-93 a oct-93 en HAZE para CN-82-HF
   3.2 Histórico de Haze para CN-82-N de 92 a oct-93
   3.2a Datos de sep-93 a oct-93 en HAZE para CN-82-N
   3.3 Histórico de HAZE para SAN-21-1000-HF de 92 a oct-93
   3.3a Datos de sep-93 a oct-93 en HAZE para SAN-21-1000-HF
   3.4 Histórico de HAZE para SAN-21-1000-N de 92 a oct-93
   3.4a Datos de sep-93 a oct-93 en HAZE para SAN-21-1000-N
   3.5 Comparación de tratamientos para inyectoras NB-II y NV-7
   3.6 Capacidades de proceso para SAN-21-1000-HF en HAZE de 92 a sep-93 y de sep-93 a oct-93
   3.7 Capacidades de proceso para SAN-21-1000-N en HAZE de 92 a sep-93 y de sep-93 a oct-93

```
DECLARE FUNCTION EscalaY (Cosa!)
DECLARE FUNCTION Min! (Cosa1!, Cosa2!)
DECLARE SUB Plotter ()
DECLARE SUB ConStd ()
DECLARE SUB Instrucciones ()
DECLARE SUB PonStatus ()
DECLARE SUB PintaPant (Inicial!)
DECLARE SUB Pausa (Tipo)
DECLARE SUB EditArch ()
DECLARE SUB SalvArch ()
DECLARE SUB Filenom ()
DECLARE SUB Imprime15 (R!, A$)
DECLARE SUB Imprime ()
DECLARE SUB IniciaDato ()
DECLARE SUB SubMenu (Opcion$)
DECLARE SUB CalculaLim ()
DECLARE SUB Grafica ()
DECLARE SUB Muevecursor (Opcion$)
DECLARE SUB Captura (Opcion$)
DECLARE SUB Portada ()
DECLARE SUB CreArch ()
DECLARE SUB AbreArch ()
DECLARE SUB Guardarch ()
DIM SHARED TITULO(2 TO 13) AS STRING
DIM SHARED Dato(3 TO 13) AS STRING
COMMON SHARED X() AS SINGLE
COMMON SHARED PosX,Posy,Status,NumDat,ArchError AS INTEGER
COMMON SHARED F1$,F2$,F3$,F4$,F5$,F6$,F7$
COMMON SHARED Filename$,Esc$,Enter$,FlechAbajo$,FlechArriba$
COMMON R() AS SINGLE, Nx() AS SINGLE
COMMON Equipo$,Producto$,Propiedad$,TipoCarta$,Comentario$
COMMON LSCX,LICX,LSCR,LICR,DS,Xmed,Rmed,TaMuest,NuMuest
F1$ = CHR$(59):        F2$ = CHR$(60):        F3$ = CHR$(61)
F4$ = CHR$(62):        F5$ = CHR$(63):        F6$ = CHR$(64)
F7$ = CHR$(65):        Esc$ = CHR$(27):       Enter$ = CHR$(13)
FlechAbajo$ = CHR$(80):    FlechArriba$ = CHR$(72)
'Colores de la Pantalla
CONST Negro = 0:     CONST Azul = 1:         CONST Verde = 2
CONST Cian = 3:      CONST Rojo = 4:         CONST Magenta = 5
CONST Marron = 6:    CONST Blanco = 7:       CONST Gris = 8
CONST AzulClaro=9:   CONST VerdeClaro=10:   CONST CianClaro=11
CONST RojoClaro=12:  CONST MagentaClaro=13:  CONST Amarillo=14
CONST BlancoIntenso = 15
```

```
IniciaDato
Portada
Instrucciones
DO UNTIL Opcion$ = Esc$
  DO UNTIL Opcion$ = Esc$
    Opcion$ = INKEY$
    SELECT CASE LEN(Opcion$)
    CASE IS = 2
       SubMenu (Opcion$)
    CASE IS = 1
       IF Opcion$ = Enter$ THEN Muevecursor (Opcion$)
       IF (ASC(Opcion$) > 31) AND (ASC(Opcion$) < 126) THEN
          Captura (Opcion$)
    CASE IS = 0
    END SELECT
  LOOP
  Temp = Posy
  Posy = 0
  Instrucciones
  DO
    Opcion$ = INKEY$
  LOOP UNTIL Opcion$ <> ""
  IF Opcion$ <> Esc$ THEN
    Opcion$ = ""
    CALL Imprime15(14, "")
    Posy = Temp
  END IF
LOOP
COLOR Blanco, Negro
CLS
CLEAR
END
ManErr:       'Mensajes de error al abrir el archivo
ArchError = ERR
SELECT CASE ERR
CASE IS = 53
   Imprime15(16,">No se encontro el Archivo en el Disco<")
   Imprime15(17,"* Teclee Nuevamente el Nombre del Archivo")
   Imprime15(18,"* Si desea crearlo llene correctamente los
            datos")
   Imprime15(19,"  en color Clan y despues teclee <F1>")
CASE IS = 61
   Imprime15(16, "El Disco se encuentra Lleno")
   Imprime15(17, "Utilice uno nuevo y trate nuevamente")
CASE IS = 71
   Imprime15(16, "No se encontro lista la unidad")
   Imprime15(17, "Alistela y trate nuevamente")
END SELECT
RESUME NEXT
```

```
SUB AbreArch
Filenom
A$ = "RUTA DE ACCESO  : " + Filename$
CALL Imprime15(15, A$)
ON ERROR GOTO ManErr
OPEN Filename$ FOR INPUT AS #1
IF ArchError <> 0 THEN EXIT SUB
DO UNTIL EOF(1)
    i = i + 1
    INPUT #1, Dummy$
LOOP
CLOSE #1
NumDat = i - 9
OPEN Filename$ FOR INPUT AS #1
 FOR i = 1 TO 9
    INPUT #1, Dato(i + 4)
 NEXT i
 REDIM X(NumDat) AS SINGLE
 FOR i = 1 TO NumDat
    INPUT #1, X(i)
 NEXT i
CLOSE #1
Portada
NumDat$ = STR$(NumDat)
NumDat$ = "Se cuenta con " + NumDat$ + " Datos"
Imprime15(16, "El archivo se leyo exitosamente")
Imprime15(17, NumDat$)
Imprime15(18, "")
Status = 1
END SUB

SUB CalculaLim
IF Status < 1 THEN PonStatus: EXIT SUB
SHARED R() AS SINGLE, Nx() AS SINGLE
SHARED LSCX, Xmed, LICX, LSCR, Rmed, LICR, DS, TaMuest,
       Sigma!, NuMuest
SHARED TipoCarta$
Rmed = 0: Xmed = 0
TipoCarta$ = Dato(8)
TaMuest = VAL(Dato(9))
Sigma = VAL(Dato(12))
IF LEFT$(TipoCarta$, 1) = "X" THEN
  GOSUB CheckTaMues
  REDIM R(NuMuest) AS SINGLE, Nx(NuMuest) AS SINGLE
  IF TipoCarta$ = "X-Rmov" THEN
    FOR i = 2 TO NuMuest
      R(i) = ABS(X(i) - X(i - 1))
      Nx(i) = X(i)
      Rmed = Rmed + R(i) / (NuMuest - 1)
      Xmed = Xmed + X(i) / NuMuest
    NEXT i
```

```
    R(1) = Rmed
    Nx(1) = X(1)
    Xmed = Xmed + X(1) / NuMuest
  END IF
  IF TipoCarta$ = "X-R" THEN
    DIM SubGrup(NuMuest, TaMuest)
    FOR i = 1 TO NuMuest
      FOR j = 1 TO TaMuest
        inc = inc + 1
        SubGrup(i, j) = X(inc)
      NEXT j
    NEXT i
    FOR i = 1 TO NuMuest
      MayDeMues = SubGrup(i, 1)
      MenDeMues = SubGrup(i, 1)
      FOR j = 1 TO TaMuest
        SubGrup(i,0)=SubGrup(i,0) + SubGrup(i, j)/TaMuest
        IF MenDeMues>SubGrup(i,j) THEN MenDeMues=SubGrup(i,j)
        IF MayDeMues<SubGrup(i,j) THEN MayDeMues=SubGrup(i,j)
      NEXT j
      Nx(i) = SubGrup(i, 0)
      R(i) = MayDeMues - MenDeMues
      Rmed = Rmed + R(i) / NuMuest
      Xmed = Xmed + Nx(i) / NuMuest
    NEXT i
  END IF
  IF TipoCarta$ = "X-S" THEN
     REDIM Nx(NuMuest) AS SINGLE, R(NuMuest) AS SINGLE
     DIM SubGrup(NuMuest, TaMuest)
     FOR i = 1 TO NuMuest
        FOR j = 1 TO TaMuest
           inc = inc + 1
           SubGrup(i, j) = X(inc)
           SubGrup(i,0)=SubGrup(i,0) + SubGrup(i, j)/TaMuest
           R(i) = R(i) + (SubGrup(i, j) - SubGrup(i, 0)) ^ 2
        NEXT j
        Nx(i) = SubGrup(i, 0)
        R(i) = SQR(R(i) / (NuMuest - 1))
        Rmed = Rmed + R(i) / NuMuest
        Xmed = Xmed + Nx(i) / NuMuest
     NEXT i
  END IF
  GOSUB SelConst
  DS = a2 * Rmed / 3
  LSCX = Xmed + Sigma! * DS
  LICX = Xmed - Sigma! * DS
  LSCR = D4 * Rmed
  LICR = D3 * Rmed
END IF
IF LEFT$(TipoCarta$, 1) = "C" THEN
  NuMuest = NumDat
```

```
  REDIM Nx(NuMuest) AS SINGLE
  FOR i = 1 TO NuMuest
    SumDef = SumDef + X(i)
    Nx(i) = X(i) / TaMuest
  NEXT i
  Xmed = SumDef / (TaMuest * NuMuest)
END IF
ConStd
IF TipoCarta$ = "Carta-P" THEN
  DS = SQR((Xmed * (1 - Xmed)) / TaMuest)
END IF
IF TipoCarta$ = "Carta-C" OR TipoCarta$ = "Carta-U" THEN
  DS = SQR(Xmed / TaMuest)
END IF
IF LEFT$(TipoCarta$, 1) = "C" THEN
LSCX = Xmed + Sigma! * DS
LICX = Xmed - Sigma! * DS
IF LICX < 0 THEN LICX = 0
END IF
CALL Imprime15(14, "CARTA DE MEDIAS")
CALL Imprime15(15, "LSCX= " + STR$(LSCX))
CALL Imprime15(16, "Xmed= " + STR$(Xmed))
CALL Imprime15(17, "LICX= " + STR$(LICX))
IF LEFT$(TipoCarta$, 1) = "X" THEN
CALL Imprime15(18, "CARTA DE RANGOS")
CALL Imprime15(19, "LSCR= " + STR$(LSCR))
CALL Imprime15(20, "Rmed= " + STR$(Rmed))
CALL Imprime15(21, "LICR= " + STR$(LICR))
END IF
IF Dato(10) = "No Aplica" THEN
   cpS$ = "No Aplica"
ELSE
   LSE = VAL(Dato(10))
   cpS = (LSE - Xmed) / (Sigma! * DS)
   cpS$ = STR$(cpS)
END IF
IF Dato(11) = "No Aplica" THEN
   cpI$ = "No Aplica"
ELSE
   LIE = VAL(Dato(11))
   cpI = (Xmed - LIE) / (Sigma! * DS)
   cpI$ = STR$(cpI)
END IF
COLOR Cian
LOCATE 14, 41
PRINT "Capacidades de Proceso a";Sigma!;"Sigmas"
LOCATE 17, 41: PRINT "Cpk = min ( Cp-S , Cp-I )"
COLOR Amarillo
LOCATE 15, 45: PRINT "Cp-S = "; cpS$
LOCATE 16, 45: PRINT "Cp-I = "; cpI$
Status = 2
```

```
EXIT SUB
CheckTaMues:
NuMuest = NumDat / TaMuest
IF NuMuest <> INT(NuMuest) THEN
  Imprime15(15, "El Tama$o de Muestra no corresponde")
  Imprime15(16, "con el numero de datos,Datos="+STR$(NumDat))
  Imprime15(17, "          Tamaño de Muestra="+STR$(TaMuest))
  Imprime15(18, "         Numero de Muestras="+STR$(NuMuest))
  EXIT SUB
END IF
RETURN
SelConst:
IF TaMuest = 1 THEN a2 = 2.66: D3 = 0: D4 = 3.27
IF TaMuest = 2 THEN a2 = 1.88: D3 = 0: D4 = 3.27
IF TaMuest = 3 THEN a2 = 1.02: D3 = 0: D4 = 2.57
IF TaMuest = 4 THEN a2 = .73: D3 = 0: D4 = 2.28
IF TaMuest = 5 THEN a2 = .58: D3 = 0: D4 = 2.11
IF TaMuest = 6 THEN a2 = .48: D3 = 0: D4 = 2!
IF TaMuest = 7 THEN a2 = 1.182: D3 = .118: D4 = 1.882
IF TaMuest = 8 THEN a2 = 1.099: D3 = .185: D4 = 1.815
IF TaMuest = 9 THEN a2 = 1.032: D3 = .239: D4 = 1.761
RETURN
END SUB

SUB Captura (Opcion$)
LOCATE Posy, PosX: COLOR Amarillo: PRINT SPACE$(80 - PosX)
MasLetras = 1
DO
  op$ = op$ + UCASE$(Opcion$)
  GOSUB seleccion
  LOCATE Posy, PosX: PRINT op$
  IF LEN(op$) >= MaxCar THEN
     MasLetras = 0
     Opcion$ = Enter$
  END IF
  DO
     IF MasLetras = 1 THEN Opcion$ = INKEY$
  LOOP WHILE LEN(Opcion$) = 0
LOOP WHILE ((ASC(Opcion$) > 31) AND (ASC(Opcion$) < 126))
Dato(Posy) = op$
Muevecursor (Opcion$)
EXIT SUB
seleccion:
SELECT CASE Posy
   CASE IS = 3, 5, 6, 7
     MaxCar = 20
   CASE IS = 4
     MaxCar = 8
     IF Opcion$ = "/" THEN
       CALL Imprime15(14, "")
       LOCATE 14, 1: COLOR Amarillo
```

```
        ON ERROR GOTO ManErr
        FILES (Dato(3) + "*.PRO")
        op$ = ""
      END IF
    CASE IS = 8
      MaxCar = 1
      SELECT CASE Opcion$
       CASE IS = "1": op$ = "X-Rmov"
       CASE IS = "2": op$ = "X-R"
       CASE IS = "3": op$ = "X-S"
       CASE IS = "4": op$ = "Carta-P"
       CASE IS = "5": op$ = "Carta-C"
       CASE IS = "6": op$ = "Carta-U"
       CASE ELSE: op$ = "Error en Tipo"
      END SELECT
    CASE IS = 9
      SELECT CASE Dato(8)
       CASE IS = "X-Rmov", "Carta-C": op$ = "1"
       CASE IS = "X-R"
        IF VAL(op$)<2 OR VAL(op$)>6 THEN op$="Valor entre 2y6"
       CASE IS = "X-S"
        IF VAL(op$) < 7 THEN op$ = "Valor entre 7 y 9"
        CASE ELSE: MaxCar = 8
      END SELECT
    CASE IS = 10, 11
     MaxCar = 20
     IF ASC(op$) < 45 OR ASC(op$) > 57 THEN
       op$ = "Error al teclear"
       MaxCar = 1
     END IF
     IF op$ = "/" THEN op$ = "No Aplica": MaxCar = 1
    CASE IS = 12
     MaxCar = 8
     IF ASC(op$) <= 45 OR ASC(op$) > 57 THEN
     op$ = "Error al teclear"
     MaxCar = 1
     END IF
    CASE IS = 13
      MaxCar = 60
     IF ASC(op$) < 32 OR ASC(op$) > 126 THEN
     op$ = "Error al teclear"
     MaxCar = 1
     END IF
END SELECT
RETURN
END SUB
```

```
SUB ConStd
SHARED LSCX, Xmed, LICX, LSCR, Rmed, LICR, DS
SHARED TipoCarta$
TipoCarta$ = Dato(8)
TaMuest = VAL(Dato(9))
Sigma! = VAL(Dato(12))
Imprime15(15, "Si desea introducir sus estándares ")
Imprime15(16, "para realizar con estos los limites")
Imprime15(17, "Teclee..[S]en caso contrario cualquier tecla")
DO
  Opcion$ = INKEY$
  Opcion$ = UCASE$(Opcion$)
  LOCATE 17, 60: COLOR Cian: PRINT Opcion$
LOOP WHILE Opcion$ = ""
IF Opcion$ = "S" THEN Letr$ = "Con Estandares"
IF Opcion$ <> "S" THEN Letr$ = "Sin Estandares"
CALL Imprime15(18, "Su Seleccion fue:" + Letr$)
IF Letr$ = "Sin Estandares" THEN EXIT SUB
LOCATE 19, 60
COLOR Verde: PRINT "Introduzca Valor de la Media (f):";
GOSUB CapEst
Xmed = VAL(opN$)
IF LEFT$(TipoCarta$, 1) = "X" THEN
  LOCATE 20, 60
  COLOR Verde: PRINT "Valor de la Desviacion Estandart:";
  GOSUB CapEst
  DS = VAL(opN$)
  LSCX = Xmed + Sigma! * DS / SQR(TaMuest)
  LICX = Xmed - Sigma! * DS / SQR(TaMuest)
  GOSUB ChecaConst
  LSCR = D2 * DS
  LICR = D1 * DS
END IF
EXIT SUB
ChecaConst:
IF TaMuest = 1 THEN D1 = 0: D2 = 3.686
IF TaMuest = 2 THEN D1 = 0: D2 = 3.686
IF TaMuest = 3 THEN D1 = 0: D2 = 4.358
IF TaMuest = 4 THEN D1 = 0: D2 = 4.698
IF TaMuest = 5 THEN D1 = 0: D2 = 4.918
IF TaMuest = 6 THEN D1 = 0: D2 = 5.078
IF TaMuest = 7 THEN D1 = .113: D2 = 1.874
IF TaMuest = 8 THEN D1 = .179: D2 = 1.806
IF TaMuest = 9 THEN D1 = .232: D2 = 1.751
RETURN
CapEst:
opN$ = ""
PosiY = CSRLIN
DO
  Num$ = INKEY$
  IF LEN(Num$) = 1 THEN
```

```
    IF (ASC(Num$) > 44) AND (ASC(Num$) < 58) THEN
      opN$ = opN$ + Num$
      LOCATE PosiY, 40: COLOR Amarillo: PRINT SPACE$(8)
      LOCATE PosiY, 40: COLOR Amarillo: PRINT opN$
      COLOR Verde, Negro
    END IF
  END IF
LOOP UNTIL LEN(Num$) = 2 OR Num$ = Enter$ OR Num$ = Esc$
RETURN
END SUB

SUB CreArch
Filenom
A$ = "RUTA DE ACCESO  : " + Filename$
CALL Imprime15(15, A$)
ON ERROR GOTO ManErr
OPEN Filename$ FOR INPUT AS #1
CLOSE #1
IF ArchError <> 0 AND ArchError <> 53 THEN EXIT SUB
IF ArchError = 0 THEN
  Imprime15(16,"Ya existe un Archivo con este nombre")
  Imprime15(17,"*Presione Enter y de otro Nombre")
  Imprime15(18,"*Si insiste en crearlo con este nombre<F1>")
  Imprime15(19,"y este ultimo substituira al anterior")
    DO
    Temp$ = INKEY$
    LOOP UNTIL F1$ = RIGHT$(Temp$, 1) OR Enter$ = Temp$
  IF F1$ = RIGHT$(Temp$, 1) THEN ArchError = 53
END IF
IF ArchError <> 53 THEN EXIT SUB
NumDat = 0
Status = 1
CALL EditArch
END SUB

SUB EditArch
IF Status < 1 THEN
PonStatus
EXIT SUB
END IF
CLS
IF NumDat = 0 THEN GOSUB SalvArreglo
Inicial = NumDat
CALL PintaPant(NumDat)
DO
   DO
      Num$ = INKEY$
      IF LEN(Num$) = 1 THEN
      IF (ASC(Num$) > 44) AND (ASC(Num$) < 58) THEN
         opN$ = opN$ + Num$
         LOCATE 20, 8:COLOR Amarillo, Azul: PRINT SPACE$(8)
```

```
        LOCATE 20, 8:COLOR Amarillo, Azul: PRINT opN$
        COLOR Verde, Negro
      END IF
      END IF
   LOOP UNTIL LEN(Num$) = 2 OR Num$ = Enter$ OR Num$ = Esc$
   IF opN$ <> "" THEN X(Inicial) = VAL(opN$)
   IF FlechArriba$ = RIGHT$(Num$,1) THEN Inicial=Inicial-1
   IF Inicial < 1 THEN Inicial = 1
   IF FlechAbajo$ = RIGHT$(Num$, 1) OR Enter$ = Num$ THEN
   Inicial = Inicial + 1
   END IF
   IF Inicial > NumDat AND opN$ <> "" THEN
   GOSUB SalvArreglo
   ELSE IF Inicial > NumDat THEN Inicial = Inicial - 1
   END IF
   CALL PintaPant(Inicial)
   opN$ = ""
LOOP UNTIL Num$ = Esc$
IF X(NumDat) = 0 THEN
   GOSUB SalvArreglo2
END IF
SalvArch
Portada
EXIT SUB
SalvArreglo:
REDIM M(NumDat) AS SINGLE
FOR i = 1 TO NumDat
  M(i) = X(i)
NEXT i
NumDat = NumDat + 1
REDIM X(NumDat) AS SINGLE
FOR i = 1 TO NumDat - 1
  X(i) = M(i)
NEXT i
RETURN
SalvArreglo2:
NumDat = NumDat - 1
REDIM X(NumDat) AS SINGLE
FOR i = 1 TO NumDat
X(i) = M(i)
NEXT i
RETURN
END SUB

FUNCTION EscalaY (Cosa)
SHARED LICX2, LICR2, escY, finY
SELECT CASE finY
  CASE IS < 250: EscalaY = finY - escY * ABS(Cosa - LICX2)
  CASE ELSE: EscalaY = finY - escY * ABS(Cosa - LICR2)
END SELECT
END FUNCTION
```

```
SUB Filenom
Slade$ = "\"
Extension$ = ".PRO"
Filename$ = Dato(3) + Slade$ + Dato(4) + Extension$
ArchError = 0
END SUB

SUB Grafica
IF Status < 2 THEN PonStatus: EXIT SUB
SHARED R() AS SINGLE, Nx() AS SINGLE
SHARED Equipo$,Producto$,Propiedad$,TipoCarta$,Comentario$
SHARED LSCX, LICX, LSCR, LICR, DS, Xmed, Rmed, TaMuest,
       NuMuest, Sigma!
SHARED LICX2, LICR2, escY, finY
LSCX2 = LSCX + DS: LICX2 = LICX - DS
LSCR2 = LSCR + Rmed: LICR2 = LICR - Rmed
DIM A(Sigma! * 2 + 2), B(Sigma! * 2 + 1)
CLS
SCREEN 11
WIDTH 80, 60
SELECT CASE TipoCarta$
  CASE IS = "X-Rmov": Nombre$ = "Carta de Individuales"
  CASE IS = "X-R": Nombre$ = "Carta de Medias"
  CASE ELSE: Nombre$ = TipoCarta$
END SELECT
LOCATE 2, (40 - LEN(Nombre$) / 2): PRINT Nombre$
LOCATE 3, 1: PRINT "LSCX="; LSCX
LOCATE 3, 34: PRINT "Xmed="; Xmed
LOCATE 3, 60: PRINT "LICX="; LICX
iniX = 25: finX = 550
iniY = 25: finY = 225
escX = (finX - iniX) / (NuMuest - 1)
escY = (finY - iniY) / ABS(LSCX2 - LICX2)
LINE (iniX, iniY)-(finX, finY), Cian, B
FOR i = 1 TO NuMuest
  PonX = iniX + (i - 1) * escX
  SELECT CASE Nx(i)
    CASE IS > LSCX2: PonY = iniY
    CASE IS < LICX2: PonY = finY
    CASE ELSE: PonY = EscalaY(Nx(i))
  END SELECT
  SELECT CASE Nx(i)
    CASE IS > LSCX: Col = MagentaClaro
    CASE IS < LICX: Col = MagentaClaro
    CASE ELSE: Col = Amarillo
  END SELECT
  IF PonX = iniX THEN
    LINE (PonX, PonY)-(PonX, PonY)
  ELSE LINE (AntX, AntY)-(PonX, PonY), Cian
  END IF
  AntX = PonX
```

```
  AntY = PonY
  CIRCLE (PonX, PonY), 1, Col
  PAINT (PonX, PonY), Col, Col
NEXT i
GOSUB Histograma
FOR i = 1 TO Sigma! * 2 + 1
SELECT CASE i
  CASE 1, Sigma! * 2 + 1: Linea = &HCCCC
  CASE IS = Sigma! + 1: Linea = &HFF00
  CASE ELSE: Linea = &HAAAA
END SELECT
  LINE (iniX, A(i))-(finX, A(i)), Verde, , Linea
NEXT i
LOCATE (A(1) / 480 * 60 + 1), 1: PRINT "LS"
LOCATE (A(Sigma! + 1) / 480 * 60 + 1), 1: PRINT "Med"
LOCATE (A(Sigma! * 2 + 1) / 480 * 60 + 1), 1: PRINT "LI"
LOCATE 30, 1: PRINT "Numero de Muestras="; NuMuest
LOCATE 30, 58: PRINT "Tama$o de Muestra="; TaMuest
IF LEFT$(TipoCarta$, 1) = "X" THEN
SELECT CASE TipoCarta$
  CASE IS = "X-Rmov": Nombre$ = "Carta de Rangos Moviles"
  CASE IS = "X-R": Nombre$ = "Carta de Rangos"
  CASE ELSE: Nombre$ = "Carta de Desviaciones Standart"
END SELECT
LOCATE 32, (40 - LEN(Nombre$) / 2): PRINT Nombre$
LOCATE 33, 1: PRINT "LSCR="; LSCR
LOCATE 33, 32: PRINT "Rmed="; Rmed
LOCATE 33, 60: PRINT "LICR="; LICR
  iniY = 270: finY = 420
  escY = (finY - iniY) / ABS(LSCR2 - LICR2)
  LINE (iniX, iniY)-(finX, finY), Cian, B
  FOR i = 1 TO NuMuest
    PonX = iniX + (i - 1) * escX
    SELECT CASE R(i)
      CASE IS > LSCR2: PonY = iniY
      CASE IS < LICR2: PonY = finY
      CASE ELSE: PonY = EscalaY(R(i))
    END SELECT
    SELECT CASE R(i)
      CASE IS > LSCR: Col = MagentaClaro
      CASE IS < LICR: Col = MagentaClaro
      CASE ELSE: Col = Amarillo
    END SELECT
    IF PonX = iniX THEN
      LINE (PonX, PonY)-(PonX, PonY)
    ELSE LINE (AntX, AntY)-(PonX, PonY), Cian
    END IF
    AntX = PonX
    AntY = PonY
    CIRCLE (PonX, PonY), 1, Col
    PAINT (PonX, PonY), Col, Col
```

```
  NEXT i
lsrY=EscalaY(LSCR):LINE (iniX,lsrY)-(PonX,lsrY),Verde,,&HAAAA
merY=EscalaY(Rmed):LINE (iniX,merY)-(PonX,merY),Verde,,&HFF00
lirY=EscalaY(LICR):LINE (iniX,lirY)-(PonX,lirY),Verde,,&HAAAA
  LOCATE (lsrY / 480 * 60 + 1), 1: PRINT "LS"
  LOCATE (merY / 480 * 60 + 1), 1: PRINT "Med"
  LOCATE (lirY / 480 * 60 + 1), 1: PRINT "LI"
END IF
LOCATE 57, 1: PRINT "Nombre del archivo de Datos=";Filename$
LOCATE 57, 70: PRINT Anexo$
LOCATE 58, 1: PRINT Dato(13)
Pausa (1)
RESET
Portada
EXIT SUB
Histograma:
FOR i = 0 TO (Sigma! * 2) + 2
  A(i) = LSCX2 - i * DS
NEXT i
FOR i = 1 TO NuMuest
  FOR j = 1 TO (Sigma! * 2)
    IF Nx(i)=A(j) OR Nx(i)=A(j + 1) THEN B(j) = B(j)+.5
    IF Nx(i)<A(j) AND Nx(i)>A(j + 1) THEN B(j) = B(j)+1
  NEXT j
  IF Nx(i) > A(1) THEN B(0) = B(0) + 1
  IF Nx(i) = A(1) THEN B(0) = B(0) + .5
  IF Nx(i) < A(7) THEN B(7) = B(7) + 1
  IF Nx(i) = A(7) THEN B(7) = B(7) + .5
NEXT i
FOR i = 0 TO Sigma! * 2 + 2
  A(i) = EscalaY(A(i))
NEXT i
MasFrec = B(0)
FOR i = 1 TO Sigma! * 2 + 1
  IF B(i) > MasFrec THEN MasFrec = B(i)
NEXT i
Esc2X = (630 - finX) / MasFrec
FOR i = 0 TO Sigma! * 2 + 1
LINE (finX, A(i))-(finX + Esc2X * B(i), A(i + 1)), , B
NEXT i
RETURN
END SUB
SUB Imprime
IF Status < 2 THEN PonStatus: EXIT SUB
Plotter
END SUB
```

```
SUB Imprime15 (R, A$)
FOR i = R TO 22
   LOCATE 1, 1: PRINT SPACE$(80)
NEXT i
COLOR Amarillo
IF R = 14 OR R = 18 OR R = 22 THEN COLOR Cian
LOCATE R, 1: PRINT A$
END SUB

SUB IniciaDato
TITULO(2) = "TESIS PARA LA ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA EN
            C.E.P."
TITULO(3) = "Localizaci"n del Archivo de Trabajo"
TITULO(4) = "Nombre del Archivo de Trabajo"
TITULO(5) = "Equipo o Area de Trabajo"
TITULO(6) = "Material"
TITULO(7) = "Propiedad"
TITULO(8) = "Tipo de Carta"
TITULO(9) = "Tama$o de Muestra"
TITULO(10) = "Limite Superior de Especificacion"
TITULO(11) = "Limite Inferior de Especificacion"
TITULO(12) = "No de Sigmas para Calculo de Limites,Cp y Cpk"
TITULO(13) = "Comentario:"
Dato(3) = "A:"
Dato(4) = "SINOMBRE"
Dato(5) = "....................."
Dato(6) = "....................."
Dato(7) = "....................."
Dato(8) = "(...?"
Dato(9) = "1"
Dato(10) = "No Aplica"
Dato(11) = "No Aplica"
Dato(12) = "3"
Dato(13) = "??"
END SUB

SUB Instrucciones
FOR i = 14 TO 22
LOCATE i, 1: PRINT SPACE$(80)
NEXT i
SELECT CASE Posy
CASE IS = 0
Imprime15(14, ">>  Realmente desea SALIR del programa  <<")
Imprime15(15, ">>  Para salir teclee [Esc] Nuevamente   <<")
Imprime15(16, ">>  Cualquier otra tecla para no hacerlo <<")
CASE IS = 3
Imprime15(16, "Debe teclear: [Unidad de Disco] y [:]")
Imprime15(17, "Si es necesario: [\] y [SubDirectorio]")
Imprime15(18, "Ejemplo:     C:\SubDir1\SubDir2\...")
CASE IS = 4
Imprime15(16,"Teclear Nombre del Archivo (8 Caracteres)")
```

```
Imprime15(17,"No incluir Extensión (.PRO la da el programa)")
Imprime15(18,"Para lista de archivos de la unidad [/]")
CASE IS = 5, 6, 7
Imprime15(16, "(Maximo 20 Caracteres)")
CASE IS = 8
Imprime15(14, "                    Cartas de Datos Variables")
Imprime15(15,"1. [X-Rmovil] Carta por Individuales y
         Rango Movil")
Imprime15(16,"2. [X-R] Carta de Medias y Rangos: Tamaño de
         Muestra 2-6")
Imprime15(17,"3. [X-S] Carta de Medias y D.Standart:
         Tamaño de Muestra 7-9")
Imprime15(18,"   Cartas de Datos Discontinuos (Atributos)")
Imprime15(19,"4. [Carta-P] Carta de Fracci"n Defectuosa")
Imprime15(20,"5.  [Carta-C]  Carta  de  Defectos  en  la  Unidad  de
Inspección")
Imprime15(21,"6.  [Carta-U]  Carta  de  Defectos  por  Unidad  de
Inspección")
Imprime15(22, "Seleccione el Numero correspondiente al Tipo
         de Carta a usar")
CASE IS = 9
Imprime15(14, "             Cartas de Datos Variables")
Imprime15(15, "[X-Rmovil]: Tama$o de Muestra =   1")
Imprime15(16, "[X-R]     : Tama$o de Muestra =  2-6")
Imprime15(17, "[X-S]     : Tama$o de Muestra = " > 7")
Imprime15(18, "Cartas de Datos Discontinuos (Atributos)")
Imprime15(19, "[Carta-C] : Tama$o de Muestra = 1")
Imprime15(20, "[Carta-P] y [Carta-U] : Toma cualquier
         Tamaño de Muestra")
Imprime15(21, "En caso de ser variable Introducir el Tamaño
         de Muestra Promedio de estas")
CASE IS = 10, 11
Imprime15(15,"Introducir el Valor del Limite De
         Especificación, cuidando")
Imprime15(16,"de que se de en las mismas unidades que los
          datos del Archivo")
Imprime15(17,"")
Imprime15(18,"Si no Existe o Desconoce la Especificación
         introduzca (/)")
CASE IS = 12
Imprime15(15,"Es muy Común usar 3-Sigmas para este calculo" )
Imprime15(16,"Pero cuenta con la libertad para usar otro")
CASE IS = 13
CALL Imprime15(15, "(Mximo 60 caracteres)")
END SELECT
END SUB
```

```
FUNCTION Min (Cosa1, Cosa2)
 IF Cosa1 > Cosa2 THEN
   Min = Cosa2
 ELSE
   Min = Cosa1
 END IF
END FUNCTION

SUB Muevecursor (Opcion$)
LOCATE Posy, PosX: COLOR Cian: PRINT Dato(Posy)
IF FlechArriba$ = RIGHT$(Opcion$, 1) THEN Posy = Posy - 1
IF Posy < 3 THEN Posy = 13
IF FlechAbajo$ = RIGHT$(Opcion$, 1) OR Enter$ = Opcion$ THEN
    Posy = Posy + 1
IF Posy > 13 THEN Posy = 3
IF Posy = 13 THEN PosX = 13
IF Posy <> 13 THEN PosX = 57
LOCATE Posy, PosX: COLOR Amarillo: PRINT Dato(Posy)
Instrucciones
IF Esc$ = Opcion$ THEN
Imprime15(14,">Tecleo [Esc], Desea SALIR del programa ??<")
Imprime15(15,">Para confirmar teclee [Esc]            <")
Imprime15(16,">De no ser asi, Teclee nuevamente este campo<")
END IF
END SUB

SUB Pausa (Tipo)
IF Tipo = 0 THEN CALL Imprime15(22,"Teclee cualquier tecla")
DO WHILE Temp$ = ""
 Temp$ = INKEY$
LOOP
END SUB

SUB PintaPant (Inicial)
CLS
Imprime15(22,">>  Teclee [Esc] Al terminar la captura  <<")
Xp = 1
Yp = 20
IF Inicial > 0 THEN
  MaxPant = Inicial - Min(Inicial, 20) + 1
  FOR i = Inicial TO MaxPant STEP -1
  LOCATE Yp, Xp
  COLOR Verde, Negro: PRINT USING "####"; i; : PRINT ":"
  LOCATE Yp, Xp + 7: COLOR Magenta, Negro: PRINT X(i)
  Yp = Yp - 1
  NEXT i
  LOCATE 20, 8: COLOR Amarillo, Azul: PRINT X(Inicial)
  COLOR Verde, Negro
END IF
END SUB
```

```
SUB PonStatus
SELECT CASE Status
CASE IS = 0
Imprime15(22,"Es Necesario Crear o Abrir Archivo de Datos")
CASE IS = 1
Imprime15(22,"Es Necesario Calcular Limites Teclee <F4>")
END SELECT
END SUB

SUB Portada
CLS
SCREEN 0
LOCATE 1, (40 - LEN(TITULO(2)) / 2)
COLOR BlancoIntenso
PRINT TITULO(2)
COLOR Verde
FOR i = 3 TO 12
  LOCATE i, 1
  PRINT USING "##"; i;
  PRINT "-";
  PRINT TITULO(i); STRING$(51 - LEN(TITULO(i)), "."); ":"
NEXT i
LOCATE 13, 1: PRINT TITULO(13)
LOCATE 3, 57: COLOR Amarillo: PRINT Dato(3)
COLOR Cian
FOR i = 4 TO 12
  LOCATE i, 57
  PRINT Dato(i)
NEXT i
LOCATE 13, 13: PRINT Dato(13)
COLOR Blanco, Azul
LOCATE 23, 1
PRINT "CreArc<F1> ";
PRINT "AbreArc<F2> ";
PRINT "EditArc<F3> ";
PRINT "CalcLim<F4> ";
PRINT "Grafic<F5> ";
PRINT "Imprim<F6> ";
PRINT "SalvArc<F7>"
COLOR BlancoIntenso, Negro
Posy = 3
PosX = 57
END SUB
```

```
SUB SalvArch
Filenom
A$ = "RUTA DE ACCESO:" + Filename$
B$ = "SALVANDO:" + STR$(NumDat) + " DATOS"
CALL Imprime15(22, A$ + "          " + B$)
ON ERROR GOTO ManErr
OPEN Filename$ FOR OUTPUT AS #1
IF ArchError <> 0 THEN EXIT SUB
FOR i = 1 TO 9
   PRINT #1, Dato(i + 4)
NEXT i
FOR i = 1 TO NumDat
   PRINT #1, X(i)
NEXT i
CLOSE #1
Status = 1
END SUB

SUB SubMenu (Opcion$)
SELECT CASE RIGHT$(Opcion$, 1)
   CASE IS = FlechArriba$, FlechAbajo$
   Muevecursor (Opcion$)
   CASE IS = F1$
     CreArch
   CASE IS = F2$
     AbreArch
   CASE IS = F3$
     EditArch
   CASE IS = F4$
     CalculaLim
   CASE IS = F5$
     Grafica
   CASE IS = F6$
     Imprime
   CASE IS = F7$
     SalvArch
END SELECT
END SUB
```

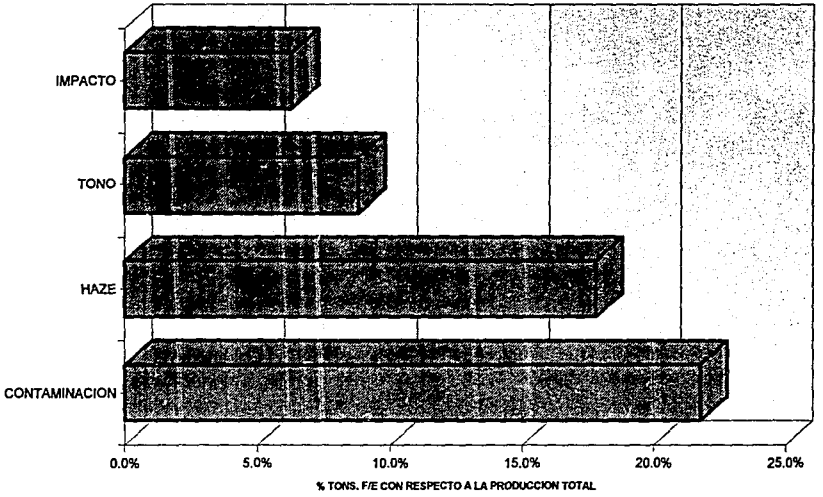
TESIS PARA LA ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA EN C E P

Localización del Archivo de Trabajo.....: A:
Nombre del Archivo de Trabajo.....: SAN-CONT
Equipo o Area de Trabajo.....: EXTRUSION..MAQ-6
Material.....: SAN-21-1010
Propiedad.....: CONTAMINACION-FICHAS
Tipo de Carta.....: Carta-C
Tamaño de Muestra.....: 1
Límite Superior de Especificación.....: No Aplica
Límite Inferior de Especificación.....: No Aplica
No. de Sigmas para Cálculo de Límites, Cp y Cpk.....: 3
Comentario: ANEXO 1.2 PANTALLA DE CAPTURA

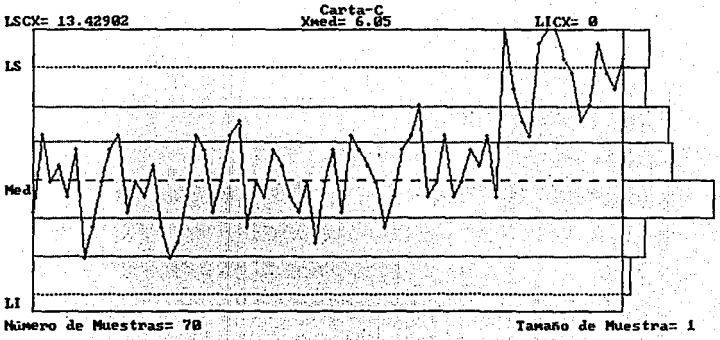
Debe teclear Nombre del Archivo (Máximo 8 Caracteres)
No incluir Extensión (.PRO la da el programa)
Si desea lista de archivos en la unidad tecleo [/]

CreArc<F1> AbreArc<F2> EditArc<F3> CalcLim<F4> Grafic<F5> Imprim<F6> SalvArc<F7>

ANEXO 2.1 DIAGRAMA DE PARETO

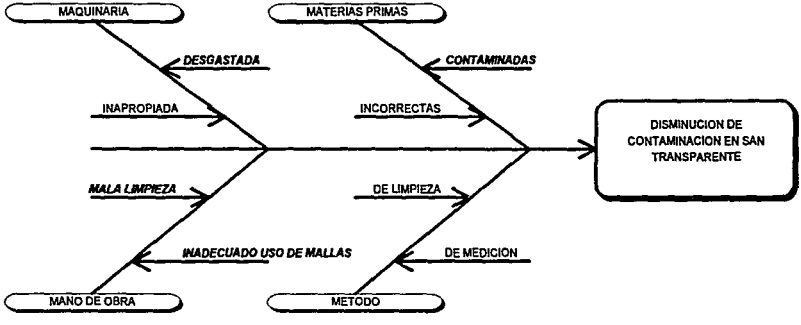


DATOS DE ENERO A JULIO DE 1993

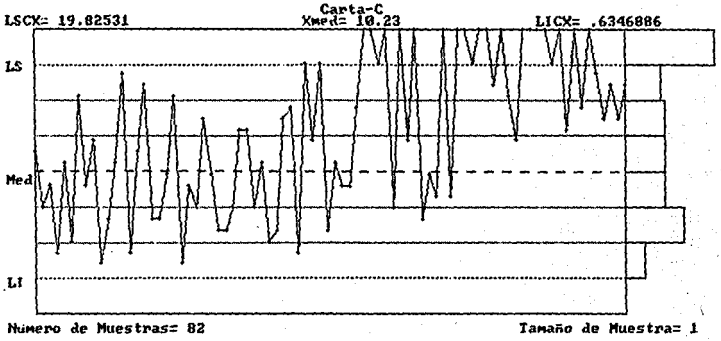


Nombre del archivo de Datos=A:\SAN-CONT.PRO
ANEXO 2.2 HISTORICO DE CONTAMINACION PARA SAN-21-1010 DE 92 A JUL-93

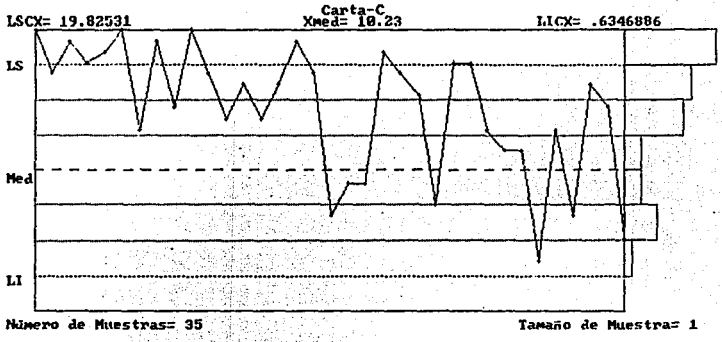
ANEXO 2.3 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



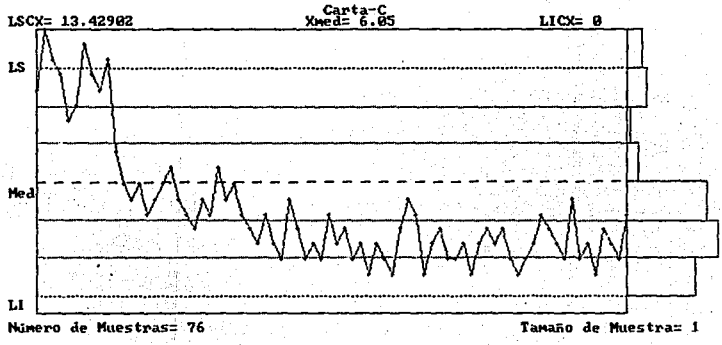
CAUSAS POTENCIALES MAS PROBABLES EN *NEGRILLA*



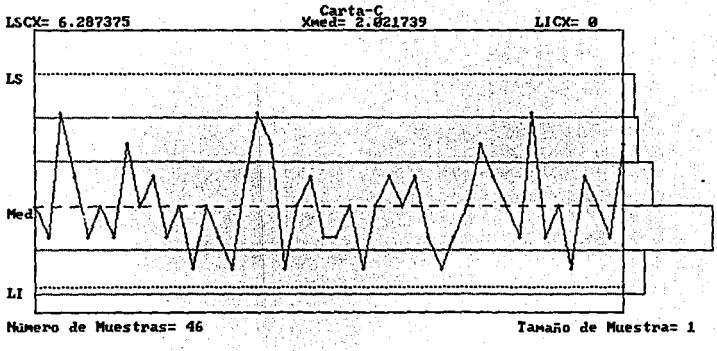
Nombre del archivo de Datos=A:\CN82-CON.PRO
ANEXO 2.4 HISTORICO DE CONTAMINACION PARA CN-82-HF DE 92 A JUL-93



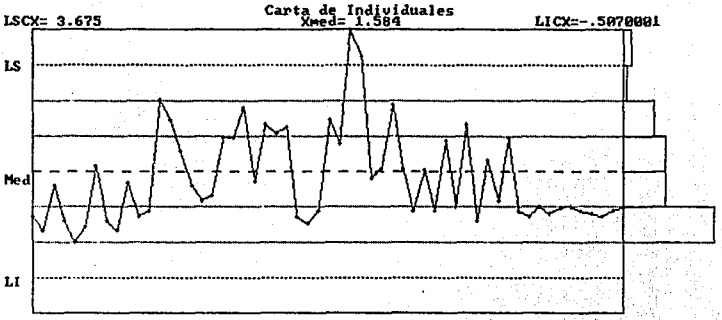
Nombre del archivo de Datos=A:\CN82-CO2.PRO
ANEXO 2.5 DATOS DE ABR-93 A AGO-93 DE CONTAMINACION PARA CN-82-HF

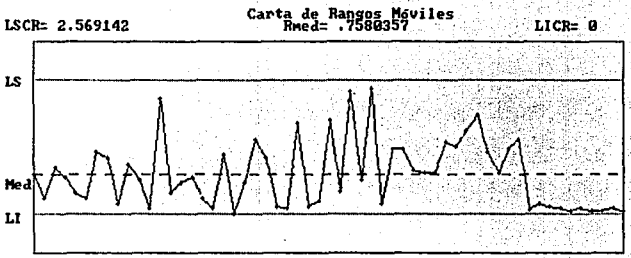


Nombre del archivo de Datos=A:\SAN-CON2.PRO
ANEXO 2.6 DATOS DE JUL-93 A SEP-93 DE CONTAMINACION PARA SAN-21-1010

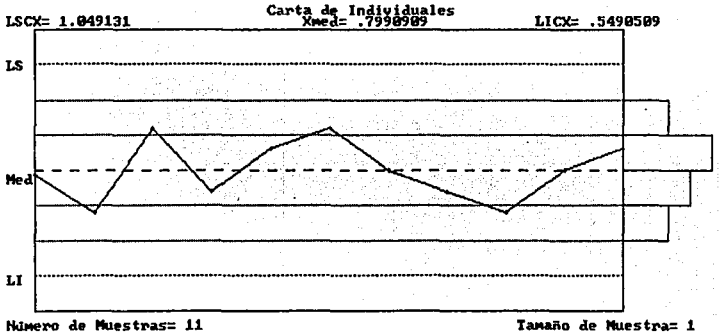


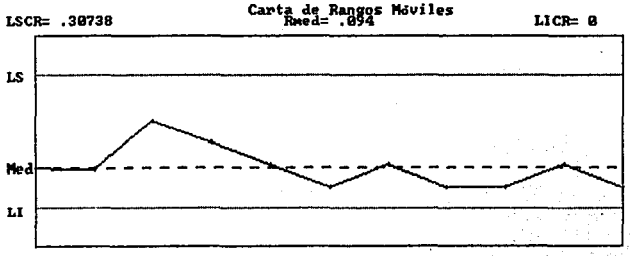
Nombre del archivo de Datos=A:\SAN-CON3.PRO
ANEXO 2.7 GRAFICA DE CONTROL FUTURA PARA CONTAMINACION DE SAN-21-1010



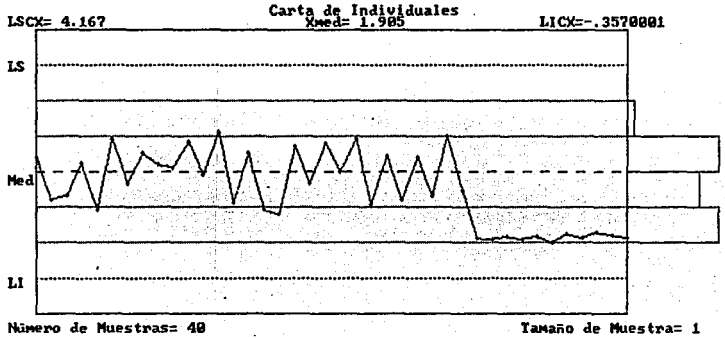


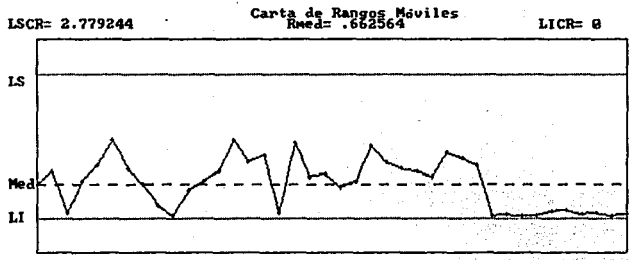
Nombre del archivo de Datos=A:\CNHF-HAZ.PRO
ANEXO 3.1 HISTORICO DE HAZE PARA CN-82-HF DE 92 A OCT-93



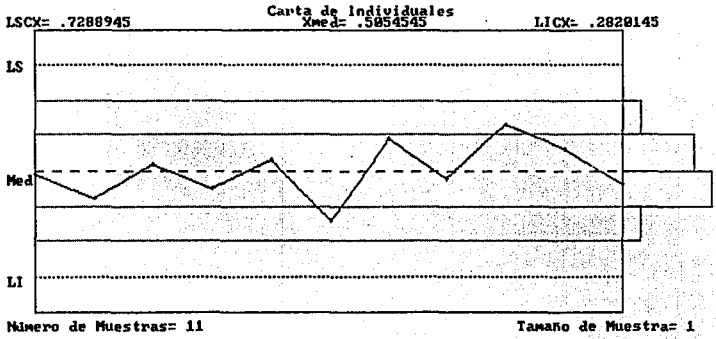


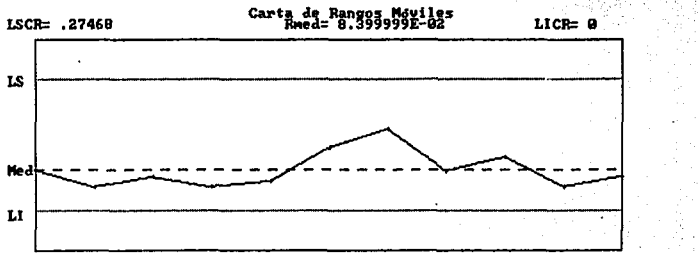
Nombre del archivo de Datos=A:\CNHF-HA2.PRO
ANEXO 3.1a DATOS DE SEP-93 A OCT-93 EN HAZE PARA CN-82-HF



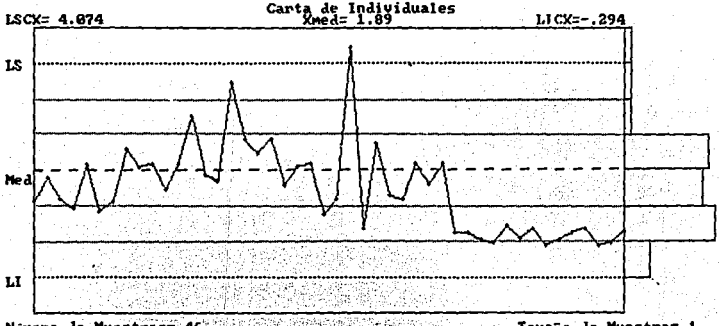


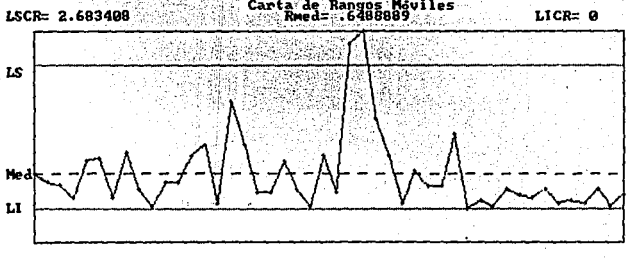
Nombre del archivo de Datos=A:\CN-82-N.PRO
ANEXO 3.2 HISTORICO DE HAZE PARA CN-82-N DE 92 A OCT 93



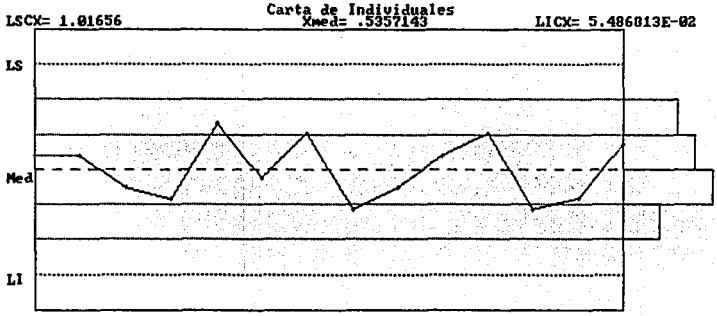


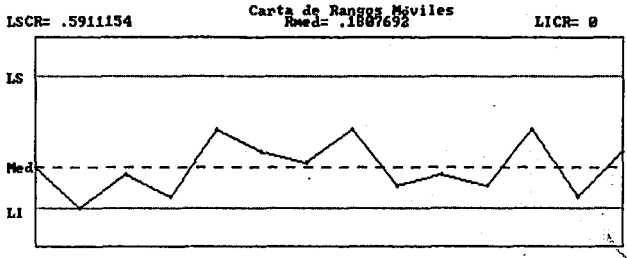
Nombre del archivo de Datos=A:\CN-82-N2.PRO
ANEXO 3.2a DATOS DE SEP-93 A OCT-93 EN HAZE PARA CN-82-N



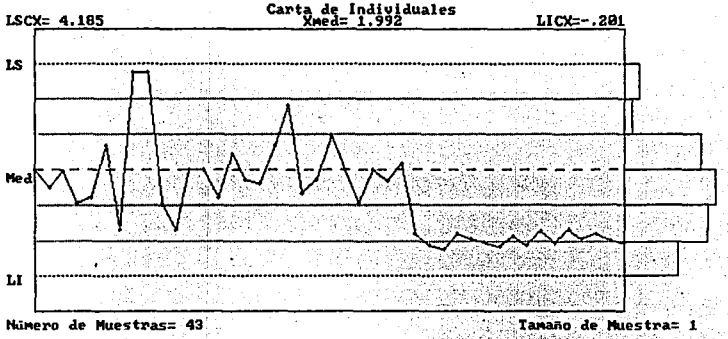


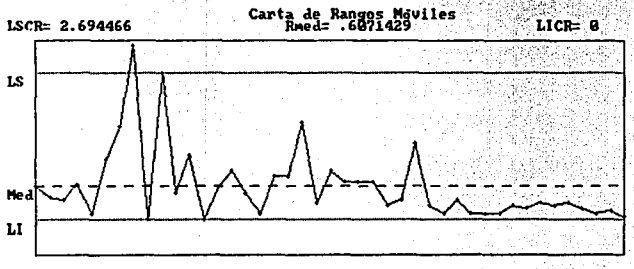
Nombre del archivo de Datos=A:\SANHF-HA.PRO
ANEXO 3.3 HISTORICO DE HAZE PARA SAN-21-1000-HF DE 92 A OCT-93



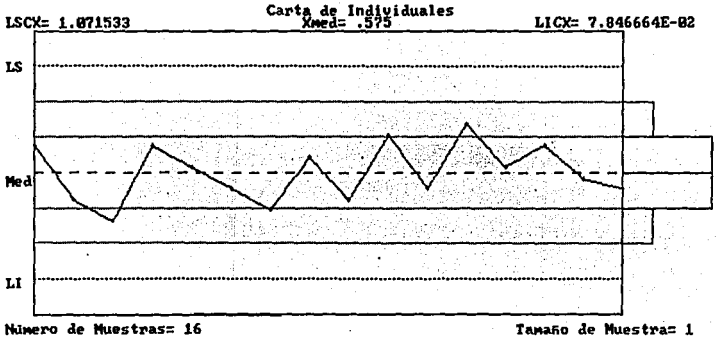


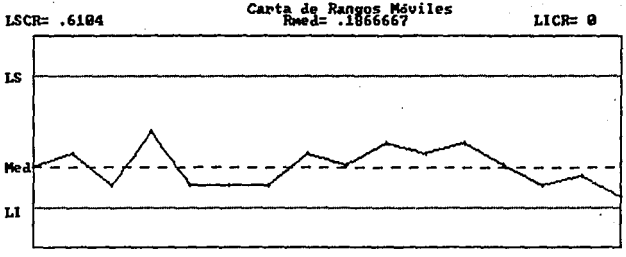
Nombre del archivo de Datos=A:\SANHF-H2.PRO
ANEXO 3.3a DATOS DE SEP-93 A OCT-93 EN HAZE PARA SAN-21-1000-HF





Nombre del archivo de Datos=A:\SAN-N-HA.PRO
ANEXO 3.4 HISTORICO DE HAZE PARA SAN-21-1000-N DE 92 A OCT-93





Nombre del archivo de Datos=A:\SAN-N-H2.PRO
ANEXO 3.4a DATOS DE SEP-93 A OCT-93 EN HAZE PARA SAN-21-1000-N

ANEXO 3.5 Comparación de tratamientos para inyectoras NB-II y NV-7

Prueba	Trat.1 NB-II	Trat.2 NV-7
1	0.58	2.17
2	0.61	1.45
3	0.82	1.46
4	0.77	1.39
5	0.67	1.61
6	0.77	1.60
7	0.73	
8	0.80	
9	0.62	
10	0.81	
11	0.65	
12	0.74	
suma	8.57	9.68
	n1 = 12	n2 = 6

Calcular la media y desviación estándar para cada inyectora.

$\bar{X}_1 = 0.71417$ $\bar{X}_1 = 1.61333$

$S_1 = 0.08458$ $S_2 = 0.28640$

Comparación de variabilidad entre inyectoras, (Montgomery, 1991, p.24) calcular la razón Fc , dividiendo la desviación estándar mayor entre la menor y elevar el cociente al cuadrado y compararlos con Fo de tablas.

$$Fc = \frac{S_2^2}{S_1^2} = \frac{(0.28640)^2}{(0.08458)^2} = 11.46596$$

Buscar Fo en la tabla 3 del apéndice con los siguientes parametros, y compararla con Fc.

gl = Grados de libertad

$\alpha = 0.05$

$gl_{numerador} = n2 - 1 = 6 - 1 = 5$

$gl_{denominador} = n1 - 1 = 12 - 1 = 11$

De la tabla 3, Fo = 3.20

$$11.46 > 3.20$$

$$F_c > F_o$$

Por lo tanto, SI se detectan diferencias significativas en la variabilidad entre las dos inyectoras.

Comparación de Medias , cuando la variabilidad de los tratamientos es diferente. (Montgomery, 1991, p.30,31)

$$T_c = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$T_c = \frac{|0.71417 - 1.61333|}{\sqrt{\frac{0.08458^2}{12} + \frac{0.28640^2}{6}}} = 7.52785$$

Calcular los grados de libertad para T_c.

$$gl = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right]^2}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1-1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2-1}}$$

$$gl = \frac{\left[\frac{0.08458^2}{12} + \frac{0.28640^2}{6} \right]^2}{\frac{(0.08458^2/12)^2}{12-1} + \frac{(0.28640^2/6)^2}{6-1}} = 5.44087 \approx 5$$

Note que gl debe ser redondeado al entero más cercano.

Comparar T_c con el valor to obtenido de la tabla 4 del apéndice, dependiendo de los grados de libertad gl= 5 y $\alpha/2$= 0.025

to=2.571 T_c = 7.52785

T_c > to

Por lo tanto, podemos decir que SI existen diferencias significativas entre las medias de las inyectoras.

RESULTADOS

Del análisis de comparación de tratamientos se observa que si existe diferencia significativa entre los tratamientos, es decir, no es igual usar la inyectora NB-II a la NV-7 para tomar las mediciones del Haze.

La disminución de la media en las gráficas de control para la medición del Haze en el SAN se explica por el cambio de inyectora y molde.

TESIS PARA LA ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA EN C E P

Localización del Archivo de Trabajo.....: A:
Nombre del Archivo de Trabajo.....: SANHFCP1
Equipo o Area de Trabajo.....: EXTRUSION..MAQ-6
Material.....: SAN-21-1000-HF
Propiedad.....: HAZE-FICHAS
Tipo de Carta.....: X-Rmov
Tamaño de Muestra.....: 1
Límite Superior de Especificación.....: 1.5
Límite Inferior de Especificación.....: No Aplica
No. de Sigmas para Cálculo de Límites, Cp y Cpk.....: 3
Comentario: ANEXO 3.6 CP'S PARA SAN-21-1000-HF DE 92 A SEP-93 EN HAZE

CARTA DE MEDIAS
LSCX= 3.204305
Xmed= 1.478261
LICX= -.2477835
CARTA DE RANGOS
LSCR= 2.121867
Rmed= .6488889
LICR= 0

Capacidades de Proceso a 3 Sigmas
Cp-S = 1.259477E-02
Cp-I = No Aplica
Cpk = min (Cp-S , Cp-I)

CreArc<F1> AbreArc<F2> EditArc<F3> CalcLim<F4> Grafic<F5> Imprim<F6> SalvArc<F7>

TESIS PARA LA ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA EN C E P

Localización del Archivo de Trabajo.....: A:
Nombre del Archivo de Trabajo.....: SANHFCP2
Equipo o Area de Trabajo.....: EXTRUSION..MAQ-6
Material.....: SAN-21-1000-HF
Propiedad.....: HAZE-FICHAS
Tipo de Carta.....: X-Rmov
Tamaño de Muestra.....: 1
Límite Superior de Especificación.....: 1.5
Límite Inferior de Especificación.....: No Aplica
No. de Sigmas para Cálculo de Límites, Cp y Cpk.....: 3
Comentario: ANEXO 3.6 CP'S PARA SAN-21-1000-HF DE SEP-93 A OCT-93 EN HAZ

CARTA DE MEDIAS
LSCX= 1.01656
Xmed= .5357143
LICX= 5.486813E-02
CARTA DE RANGOS
LSCR= .5911154
Rmed= .1807692
LICR= 0

Capacidades de Proceso a 3 Sigmas
Cp-S = 2.005394
Cp-I = No Aplica
Cpk = min (Cp-S , Cp-I)

CreArc<F1> AbreArc<F2> EditArc<F3> CalcLim<F4> Grafic<F5> Imprim<F6> SalvArc<F7>

TESIS PARA LA ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA EN C E P

Localización del Archivo de Trabajo.....: A:
Nombre del Archivo de Trabajo.....: SAN-NCP1
Equipo o Area de Trabajo.....: EXTRUSION..MAQ-6
Material.....: SAN-21-1000-N
Propiedad.....: HAZE-FICHAS
Tipo de Carta.....: X-Rmov
Tamaño de Muestra.....: 1
Limite Superior de Especificación.....: 1.5
Limite Inferior de Especificación.....: No Aplica
No. de Sigmas para Cálculo de Limites, Cp y Cpk.....: 3
Comentario: ANEXO 3.7 CP'S PARA SAN-21-1000-N DE 92 A SEP-93 EN HAZE

CARTA DE MEDIAS
LSCX= 3.080117
Xmed= 1.465117
LICX= -.1498837
CARTA DE RANGOS
LSCR= 1.985357
Rmed= .6071429
LICR= 0

Capacidades de Proceso a 3 Sigmas
Cp-S = 2.159869E-02
Cp-I = No Aplica
Cpk = min (Cp-S , Cp-I)

CreArc<F1> AbreArc<F2> EditArc<F3> CalcLim<F4> Grafic<F5> Imprim<F6> SalvArc<F7>

TESIS PARA LA ELABORACION DE UNA HERRAMIENTA EN C E P

Localización del Archivo de Trabajo.....: A:
Nombre del Archivo de Trabajo.....: SAN-NCP2
Equipo o Area de Trabajo.....: EXTRUSION..MAQ-6
Material.....: SAN-21-1000-N
Propiedad.....: HAZE-FICHAS
Tipo de Carta.....: X-Rmov
Tamaño de Muestra.....: 1
Limite Superior de Especificación.....: 1.5
Limite Inferior de Especificación.....: No Aplica
No. de Sigmas para Cálculo de Limites, Cp y Cpk.....: 3
Comentario: ANEXO 3.7 CP'S PARA SAN-21-1000-N DE SEP-93 A OCT-93 EN HAZE

CARTA DE MEDIAS
LSCX= 1.071533
Xmed= .575
LICX= 7.846664E-02
CARTA DE RANGOS
LSCR= .6104
Rmed= .1866667
LICR= 0

Capacidades de Proceso a 3 Sigmas
Cp-S = 1.862916
Cp-I = No Aplica
Cpk = min (Cp-S , Cp-I)

CreArc<F1> AbreArc<F2> EditArc<F3> CalcLim<F4> Grafic<F5> Imprim<F6> SalvArc<F7>

APÉNDICES

Tablas

1. Distribución acumulativa normal estándar

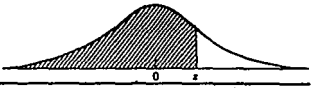
2. Factores para construir gráficas de control de variables

3. Puntos porcentuales de la distribución F

4. Puntos porcentuales de la distribución t

TABLA 1 DISTRIBUCIÓN ACUMULATIVA NORMAL ESTÁNDAR

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2}\, du$$



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	z
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.0
0.1	0.53983	0.54379	0.54776	0.55172	0.55567	0.1
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.2
0.3	0.61791	0.62172	0.62551	0.62930	0.63307	0.3
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.4
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.5
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.6
0.7	0.75803	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.7
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79954	0.8
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.9
1.0	0.84134	0.84375	0.84613	0.84849	0.85083	1.0
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87285	1.1
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	1.2
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	1.3
1.4	0.91924	0.92073	0.92219	0.92364	0.92506	1.4
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	1.5
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	1.6
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	1.7
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96637	0.96711	1.8
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	1.9
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	2.0
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	2.1
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	2.2
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	2.3
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	2.4
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	2.5
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	2.6
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	2.7
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	2.8
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	2.9
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	3.0
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	3.1
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	3.2
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	3.3
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	3.4
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	3.5
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	3.6
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	3.7
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	3.8
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	3.9

$$\Phi(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2}\, du$$

z	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	z
0.0	0.519 94	0.523 92	0.527 90	0.531 88	0.535 86	0.0
0.1	0.559 62	0.563 56	0.567 49	0.571 42	0.575 34	0.1
0.2	0.598 71	0.602 57	0.606 42	0.610 26	0.614 09	0.2
0.3	0.636 83	0.640 58	0.644 31	0.648 03	0.651 73	0.3
0.4	0.673 64	0.677 24	0.680 82	0.684 38	0.687 93	0.4
0.5	0.708 84	0.712 26	0.715 66	0.719 04	0.722 40	0.5
0.6	0.742 15	0.745 37	0.748 57	0.751 75	0.754 90	0.6
0.7	0.773 37	0.776 37	0.779 35	0.782 30	0.785 23	0.7
0.8	0.802 34	0.805 10	0.807 85	0.810 57	0.813 27	0.8
0.9	0.828 94	0.831 47	0.833 97	0.836 46	0.838 91	0.9
1.0	0.853 14	0.855 43	0.857 69	0.859 93	0.862 14	1.0
1.1	0.874 93	0.876 97	0.879 00	0.881 00	0.882 97	1.1
1.2	0.894 35	0.896 16	0.897 96	0.899 73	0.901 47	1.2
1.3	0.911 49	0.913 08	0.914 65	0.916 21	0.917 73	1.3
1.4	0.926 47	0.927 85	0.929 22	0.930 56	0.931 89	1.4
1.5	0.939 43	0.940 62	0.941 79	0.942 95	0.944 08	1.5
1.6	0.950 53	0.951 54	0.952 54	0.953 52	0.954 48	1.6
1.7	0.959 94	0.960 80	0.961 64	0.962 46	0.963 27	1.7
1.8	0.967 84	0.968 56	0.969 26	0.969 95	0.970 62	1.8
1.9	0.974 41	0.975 00	0.975 58	0.976 15	0.976 70	1.9
2.0	0.979 82	0.980 30	0.980 77	0.981 24	0.981 69	2.0
2.1	0.984 22	0.984 61	0.985 00	0.985 37	0.985 74	2.1
2.2	0.987 78	0.988 09	0.988 40	0.988 70	0.988 99	2.2
2.3	0.990 61	0.990 86	0.991 11	0.991 34	0.991 58	2.3
2.4	0.992 86	0.993 05	0.993 24	0.993 43	0.993 61	2.4
2.5	0.994 61	0.994 77	0.994 92	0.995 06	0.995 20	2.5
2.6	0.995 98	0.996 09	0.996 21	0.996 32	0.996 43	2.6
2.7	0.997 02	0.997 11	0.997 20	0.997 28	0.997 36	2.7
2.8	0.997 81	0.997 88	0.997 95	0.998 01	0.998 07	2.8
2.9	0.998 41	0.998 46	0.998 51	0.998 56	0.998 61	2.9
3.0	0.998 86	0.998 89	0.998 93	0.998 97	0.999 00	3.0
3.1	0.999 18	0.999 21	0.999 24	0.999 26	0.999 29	3.1
3.2	0.999 42	0.999 44	0.999 46	0.999 48	0.999 50	3.2
3.3	0.999 60	0.999 61	0.999 62	0.999 64	0.999 65	3.3
3.4	0.999 72	0.999 73	0.999 74	0.999 75	0.999 76	3.4
3.5	0.999 81	0.999 81	0.999 82	0.999 83	0.999 83	3.5
3.6	0.999 87	0.999 87	0.999 88	0.999 88	0.999 89	3.6
3.7	0.999 91	0.999 92	0.999 92	0.999 92	0.999 92	3.7
3.8	0.999 94	0.999 94	0.999 95	0.999 95	0.999 95	3.8
3.9	0.999 96	0.999 96	0.999 96	0.999 97	0.999 97	3.9

TABLA 2 FACTORES PARA CONSTRUIR GRÁFICAS DE CONTROL DE VARIABLES

Observaciones en la muestra, n	Diagrama para medias: Factores para límites de control			Diagrama para desviaciones estándares: Factores para línea central		Factores para límites de control				Diagrama para amplitudes: Factores para línea central		Factores para límites de control			
	A	A_2	A_3	c_4	$1/c_4$	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.04230	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Para $n > 25$

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}, A_2 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}, c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}.$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}}, B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}}.$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}, B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

TABLA 3 PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCIÓN F

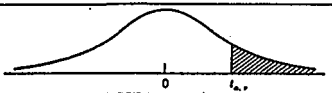
$F_{0.05,\,n_1,\,n_2}$

n_2 \ n_1	Grados de libertad del numerador (n_1) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Grados de libertad del denominador (n_2)

Nota: $f_{\alpha,n_1,n_2} = 1/f_{1-\alpha,n_2,n_1}$

TABLA 4 PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCIÓN t



ν \ α	0.40	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
1	0.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	636.62
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	23.326	31.598
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.213	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.727	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.019	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

ν = grados de libertad.