



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA

INCORPORADA A LA U.N.A.M.

30061A

3
29

"SISTEMAS ESTADISTICOS PARA EL CONTROL DE
PROCESOS INDUSTRIALES"

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

CLAUDIA CATALINA CHAIREZ CHAGOYAN

DIRECTOR DE TESIS

ING. JOSE LUIS GONZALEZ DIAZ

México, D.F.

1990.

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INDICE

	INTRODUCCION	2
CAPITULO I	CONTROL DE CALIDAD	5
	Introduccion	6
	Expertos en Control de Calidad	7
	Tareas de Control de Calidad	14
CAPITULO II	FILOSOFIA DEL CONTROL ESTADISTICO	19
	Control Estadistico de Procesos	22
	Diagrama de Causa y Efecto	27
	Diagrama de Flujo	32
CAPITULO III	INTRODUCCION AL CONTROL ESTADISTICO	34
	Tipos de Datos	35
	Diagramas de Pareto	38
	Distribucion de Frecuencias	43
	Medidas Estadisticas	44
	Curva Normal	47
CAPITULO IV	INTRODUCCION GRAFICAS DE CONTROL	52
	Clasificacion	55
	Anormalidades	57
CAPITULO V	GRAFICAS DE CONTROL	61
	Graficas de Control por Variables	62
	Graficas de Control por Atributos	74

CAPITULO VI	CAPACIDAD DE PROCESO	81
	Indice Capacidad Proceso	83
	Razon de Capacidad	84
	Indice Centrado Proceso	85
CAPITULO VII	APLICACIONES Y EJEMPLO PRACTICO	88
	Diagrama de Pareto	89
	Histograma	95
	Graficas Control Variables	102
	Graficas Control Atributos	113
	Capacidad de Proceso	126
	CONCLUSIONES	128
APENDICE I	TABLAS Y GRAFICAS	132
	Tabla A Areas Bajo la Curva Normal ...	133
	Tabla B Factores para Determinar	
	los Limites de Control 3	
	-sigma de las Graficas de	
	Control X-R.....	134
	Tabla C Factores para Determinar	
	los Limites de Control 3	
	-sigma de las Graficas de	
	Control X-s	135

Tabla D	Factores para Determinar los Limites de Control 3 -sigma de las Graficas de Control para Individuos y Rangos	136
---------	--	-----

Tabla E	Limites de Control 3-sigma para las Graficas de Control de Porcentaje Defectuoso	137
---------	--	-----

Grafica A	Determinacion de Valor de k ..	139
-----------	--------------------------------	-----

FUENTES DE CONSULTA	140
---------------------------	-----

INTRODUCCION

El estudio de técnicas estadísticas básicas tiene como finalidad lograr el control del proceso dentro del mismo, evitando así la producción o fabricación de material defectuosos, y de la necesidad de reproceso. Teniendo un proceso Industrial dentro de control, se evita en gran medida la inspección al producto terminado, logrando la calidad en la línea, que es donde se debe hacer y no en reprocesos ni en la inspección.

En este trabajo se pretende recopilar y exponer en forma clara las técnicas estadísticas básicas más utilizadas para el control de procesos. El fin último de este trabajo es crear conciencia de que se puede obtener una calidad al cien por ciento manejando técnicas que hasta cierto punto son sencillas; pero a las cuales se les debe dedicar estudio, tiempo y esfuerzo para su total implantación en la industria.

La experiencia ha demostrado que el uso de la lógica estadística es suficiente para la comprensión y uso de estas técnicas estadísticas; de esta manera se puede implantar con gran éxito ya que los operadores del proceso podrán hacer uso de estas sencillas técnicas y lograr así la producción con la calidad requerida. Cabe mencionar que para niveles más altos en la industria es necesario un estudio más profundo de las Técnicas de Control Estadístico de procesos.

Dichas técnicas pueden ser aplicadas a cualquier industria y en general a cualquier departamento, logrando así la calidad en todas las áreas de la industria. Es necesario mencionar que es de gran importancia que los altos directivos de las industrias estén

concientes de la necesidad de la implantación de un control de calidad en todas las áreas, siendo la más importante el control durante el proceso, ya que ahí se refleja en mayor grado la falta de control. Dicha falta de control repercute principalmente en el costo de producción, cantidad y calidad del producto en cuestión.

Un proceso de calidad evita al máximo el reproceso y la inspección reduciendo de esta manera los costos y aumentando considerablemente la producción. No solamente se trata de obtener productos de que cumplan con las especificaciones, sino de obtenerlos al más bajo costo y más alta productividad.

Se está conciente que para la implementación de un sistema de esta índole se requiere de mucho tiempo, trabajo y consistencia ya que no se da rápido ni se puede especificar el tiempo requerido ya que eso depende de cada empresa. México está comenzando en este tipo de sistemas y por lo mismo se requiere crear conciencia en las nuevas generaciones de profesionistas, para algún día se logre Calidad en la Línea y "Cero Defectos".

Como se mencionó anteriormente es vital crear conciencia en profesionistas para lo cual es necesario introducirlos al sistema desde los estudios universitarios. Es una opinión muy personal que a los estudiantes de Ingeniería Química se les proporcione una visión de lo que es el Control Estadístico de Procesos, ya que actualmente este sistema está entrando fuertemente en México y se estima que para un no muy lejano futuro todas las empresas mexicanas estén bajo el sistema de Control de Calidad

Total, siendo una etapa muy importante del mismo la de Control Estadístico de Procesos.

Aunado a las técnicas estadísticas se presenta una breve introducción a lo que es el Control de Calidad Total y de las teorías que actualmente existen del mismo; enfatizando lo que al Control Estadístico se refiere. Asimismo se hace uso de la computación como herramienta auxiliar para la simplificación de la utilización de dichas técnicas y se presenta un ejemplo práctico de las técnicas que son meramente estadísticas. Se puede resumir que el objetivo principal de este trabajo es exponer de manera clara y sencilla, haciendo uso de la lógica estadística, las técnicas básicas para el Control Estadístico de Procesos, y a su vez crear conciencia de la necesidad de alcanzar un sistema de calidad al cien por ciento, es decir, en su totalidad.

CAPITULO I

CONTROL DE CALIDAD

CAPITULO I.

CONTROL DE CALIDAD

El logro y el mantenimiento de los niveles satisfactorios para el cliente, con calidad en productos y servicios, es un elemento determinante y fundamental para el crecimiento y la viabilidad técnica y económica de los negocios. De la misma manera, el concepto de calidad se está convirtiendo en factor principal para el desarrollo y la implementación exitosa de diversos programas de carácter tanto administrativos como técnicos. Asimismo, el control de calidad, sus objetivos gerenciales, sus herramientas y sus técnicas deben estar completa y efectivamente bien estructuradas para satisfacer así las demandas del nuevo mercado y entorno económico de los negocios.

Con base en la definición que ofrece el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, el término CALIDAD significa: conjunto de cualidades de una persona o cosa; importancia o calificación; superioridad, excelencia. Sin embargo, es conveniente señalar que, la calidad va más allá de esta definición; es decir, calidad es el pilar de una estrategia que implica la competitividad de aquellas industrias que deseen permanecer, desarrollarse y crecer durante finales del siglo XX. La implantación de sistemas de aseguramiento de calidad conlleva actualmente una revolución de carácter mundial con las expectativas, cada día más exigentes, de los clientes usuarios de productos y servicios. Son ellos mismos quienes precisamente demandan y exigen que los fabricantes de los productos, así como

prestadores de servicios cumplan cada día con estándares más estrictos de calidad y a los más bajos costos posibles. En consecuencia se tiene que el término la calidad se ha convertido en un elemento estratégico de competitividad internacional y es a su vez la llave para incrementar la participación en los mercados y por ende el incremento en las ganancias de las empresas.

Existe en la actualidad un reducido grupo de expertos encargados de cumplir con la función de calidad, ellos mismos reconocen que no existen métodos fáciles para implementar los objetivos que requieren los sistemas de aseguramiento de calidad. Consideran también que la instrumentación de los mismos es un círculo vicioso que nunca debe terminar y que requiere del apoyo y la participación de todo el personal involucrado, desde los operadores, pasando por los departamentos de apoyo, supervisión y hasta la alta gerencia. Es conveniente destacar que el concepto de calidad debe de quedar claramente entendido en todos y cada uno de los diferentes niveles que intervienen en las cadenas productivas.

Dentro del grupo de expertos que se mencionó anteriormente destacan cuatro expertos los cuales a través de su capacidad y experiencia presentan tesis importantes que han coadyuvado al desarrollo y a la evolución de las teorías referentes al tema citado. Estos cuatro expertos son: Edward W. Deming, Joseph Juran, Phillip B. Crosby, William Conway. En los siguientes renglones se resumen las principales teorías de cada uno de los citados expertos.

EDWARD W. DEMING. Su teoría afirma que la calidad de los productos o los servicios presenta diferentes escalas. Por ejemplo, un producto puede estar clasificado dentro del punto más alto de una escala o bien dentro del punto o nivel más bajo de otra escala diferente. El término "Buena Calidad" no significa de manera necesaria "Alta Calidad"; en consecuencia se puede inducir que calidad es aquella característica que el producto y el servicio debe de contener y que es apreciado y deseado por el cliente. Asimismo, Edward Deming señala que la actividad propia de la inspección, ya sea de la materia prima o del producto terminado, requiere de tiempo, es costosa y, en algunos casos, poco efectiva. Esta teoría asegura que en la inspección que se utiliza en los diversos sistemas de producción no asegura la manufactura de productos con calidad. La teoría de Deming indica que no es suficiente con revisar o cumplir con las especificaciones de la materia prima si el material durante el proceso productivo presenta problemas.

A continuación se enlistan los catorce puntos que de acuerdo a Edward Deming deben de cumplirse para una implantación eficiente de los sistemas de Control de Calidad:

1. Ser constante en el propósito de mejorar el uso, la aplicación y los rendimientos de los productos y servicios.
2. Adoptar una nueva filosofía de trabajo. Es decir, no se debe continuar con tolerancias cuando en el proceso intervienen trabajos deficientes y servicios que no cumplan con estándares pre-establecidos.

3. No depender de sistemas de inspección masiva. Cabe destacar aquí que la calidad no se alcanza mediante la inspección por sí misma; sino mediante el mejoramiento del proceso de producción.

4. Acabar con la práctica de adjudicar contratos de compra de materia prima, partes y componentes basándose de manera exclusiva en el criterio del menor costo.

5. Mejorar permanentemente los sistemas de producción y mecanismos de servicio. Esta medida debe observarse continuamente durante la vida de las empresas.

6. Instituir permanentemente programas de capacitación en el trabajo orientados a incrementar el cumplimiento de la calidad.

7. Es responsabilidad de la gerencia ejercer el liderazgo y descubrir las limitaciones que impiden a los trabajadores optimizar sus funciones ayudando a éstos a mejorar su trabajo. De igual manera, es responsabilidad de la gerencia, ubicar a las personas en el puesto más adecuado para lograr un mejor y mayor desarrollo tanto profesional como personal.

8. Desterrar el temor; esto se debe principalmente a que la mayoría de los trabajadores temen admitir el haber cometido errores ya que se sienten amenazados por sus superiores. Asimismo, los trabajadores atemorizados tienen limitaciones para el buen desempeño de su trabajo.

9. Destruir y evitar las barreras existentes entre áreas de staff.

10. Eliminar los slogans, las exhortaciones y las metas para la fuerza laboral.

11. Eliminar las cuotas numéricas, esto es debido a que los estándares de trabajo garantizan la ineficiencia y el alto costo.
12. Derribar las barreras que impiden el sentimiento de orgullo que produce un trabajo bien hecho.
13. Establecer un vigoroso programa de educación y re-entrenamiento.
14. Tomar medidas para lograr la transformación.

JOSEPH JURAN. Afirma que existen dos clases de calidad: una de ellas indica que el producto o servicio este apto para ser utilizado. La otra clase de calidad señala que el producto esté de acuerdo a especificaciones. Por ejemplo, un producto peligroso puede cumplir con todas las especificaciones, pero no es apto para ser utilizado. Afirma que los aspectos técnicos de la calidad ya han sido cubiertos, pero que no siempre implican buenos resultados ya que las industrias no saben como dirigir sus esfuerzos hacia la calidad total. Existen tres pasos básicos para el proceso: (1) implementaciones anuales estructuradas combinadas con devoción y sentido de urgencia; (2) programas masivos de entrenamiento; (3) alta dirección administrativa.

Juran favorece el concepto de círculos de calidad ya que así se incrementa la comunicación entre la dirección y los trabajadores. Asimismo, identifica los problemas para alcanzar la calidad como problemas de organización, de comunicación y de coordinación de funciones, en otras palabras, el elemento humano es factor vital para lograr resultados. A su vez afirma que existe un punto óptimo para la calidad, después del cual ésta resulta más costosa. Asegura que una empresa cualquiera no puede

producir con calidad por si sola; necesita a su vez de la precisión y la calidad de sus proveedores.

A continuación se enlistan los diez principales puntos de Juran para trabajar con calidad.

1. Creer conscientemente de la necesidad y oportunidad de la mejora o progreso continuo.
2. Establecer metas para la mejora.
3. Organizar para alcanzar las metas.
4. Proveer entrenamientos.
5. Crear proyectos para la solución de problemas.
6. Reportar progresos.
7. Dar reconocimiento.
8. Comunicar resultados.
9. Llevar registros.
10. Hacer la mejora como parte de un sistema regular y proceso de la compañía.

PHILLIP B. CROSBY. Es el experto que desarrolló el concepto de "Cero Defectos", según Crosby, la calidad significa "de acuerdo a requerimientos" y solamente puede ser medida por el costo de no cubrir con los requerimientos. No se puede hablar simplemente de calidad pobre o alta; se debe hablar de cumplimiento o no cumplimiento con los requerimientos de producción. Existe solamente un nivel de acción recomendable que es el cero defectos. Crosby establece, que si tuviera que resumir en una palabra lo que es dirección de la calidad, la palabra sería "Prevención". Prevención es el único sistema que

puede ser utilizado; no inspección, no chequeo, no pruebas. Prevención es sinónimo de perfección. Es absolutamente cierto que no hay razón alguna para tener errores o defectos en un producto o proceso.

Crosby afirma que existen tres elementos para prevenir el no cumplimiento con los requerimientos: la determinación, la educación y la implementación. La implementación de la calidad debe entenderse como un proceso y no un programa. Además por lo menos la mitad de los problemas de calidad son causa de no establecer claramente los requerimientos.

WILLIAM CONWAY. El indica que la calidad es desarrollo, producción, administración y distribución de productos y servicios a bajo costo que los clientes necesitan o desean. También significa una constante mejora en todas las áreas de operación para eliminar pérdida de material, dinero y tiempo. El mayor problema es que los altos directivos no están convencidos que la calidad incrementa la productividad y baja los costos.

Conway se apega fuertemente al uso de métodos estadísticos; aunque afirma que la estadística no resuelve por sí misma problemas, solamente los identifica para que se trabaje en una solución. Las técnicas sencillas de la estadística puede resolver el 85% de los problemas de calidad de cualquier compañía.

Habiendo examinado las diferentes teorías de calidad resulta conveniente adoptar la definición de calidad siguiente: Calidad es el hacer las cosas bien a la primera vez de esta forma se evita la pérdida de tiempo, dinero y materias primas. Asimismo, se crea el concepto de prevención-perfección, no existe razón alguna para aceptar errores o desviaciones. Se tiene que trabajar siempre bajo las bases de la mejora continua. Las especificaciones de un determinado producto se hacen de acuerdo a los requerimientos que el producto o el proceso van a cubrir; así, un producto o un proceso de calidad es aquel que cumple con las especificaciones y a su vez con los requerimientos del cliente al más bajo costo. Calidad sola hay una y es aquella que cumple y tiende al concepto de cero defectos; evitándo así la inspección.

La calidad se debe de dar a lo largo de toda la escala jerárquica de una compañía. El presente trabajo tiene como función principal el mostrar las técnicas necesarias para lograr la calidad en los productos terminados; por lo que se enfoca al proceso de fabricación de los mismos. La calidad puede ser medida por el costo que implica el no alcanzarla, ésto es reproceso, pérdida de material, de tiempo, de dinero y de horas-hombre.

Para complementar el significado de calidad es necesario comprender los siguientes puntos: (A) No se debe definir calidad como peso, brillo, lujo, etc., solamente se debe entender como: "de acuerdo a requerimientos". (B) La calidad se puede medir en cuanto al costo de no cumplir con la misma. La calidad es gratis

pero el no cumplirla implica un gran costo. (C) No deben existir barreras económicas para la implementación de la calidad. (D) No se debe creer que los problemas de calidad se deben al área productiva; calidad es toda la compañía y todos los departamentos pueden aportar para cumplir con la calidad. (E) En el departamento de calidad se debe establecer los sistemas de calidad, mecanismos de medición y de control, así como el desarrollo de actitudes positivas para la implementación de la calidad.

El aseguramiento de la calidad es un sistema de métodos de producción que económicamente genera bienes o servicios acordes con los requisitos de los consumidores. El control de calidad comprende el amplio campo administrativo y técnico de desarrollo, conservación o mejoramiento de la calidad. No significa necesariamente un método técnico único, usado para lograr un propósito aislado.

El control de calidad tiene varias tareas que cumplir, las cuales giran alrededor de la producción y los procesos de servicio; existen cuatro clasificaciones en las que caen:

1. Control de nuevo diseño.
2. Control de Materia Prima Adquirida.
3. Control de producto
4. Estudios especiales de proceso.

1) Control de Nuevo Diseño. comprende el establecimiento y la especificación de la calidad deseable de acuerdo a un costo, calidad de realización, calidad de seguridad y calidad de confiabilidad del producto para la satisfacción esperada del

cliente incluyendo la eliminación o la localización de causas de deficiencias en la calidad, antes de que la producción formal se inicie.

2) Control de Materia Prima Adquirida, implica el recibimiento y almacenamiento, a los niveles más económicos de solo aquellas partes cuya calidad se conforma a los requisitos especificados. Existen dos fases: control sobre materiales recibidos de fuente externa y control de materiales de fuentes procesadas por otras plantas de la misma compañía.

3) Control de Producto, implica el control de los productos en el sitio mismo de la producción, para que las correcciones que deban aplicarse se lleven a efecto con oportunidad y eviten la manufactura de productos defectuosos; asimismo conlleva la condición de que el producto cumpla con las características de calidad deseables. Existen tres fases: a) control de proceso; b) control de empaques y c) control del servicio a clientes.

4) Estudios especiales del proceso, se refiere a investigaciones y pruebas que ayudan a localizar las causas que originan productos defectuosos y proporcionan una acción correctiva permanente. Se basa principalmente en la mejora del producto y reducción de costos.

De estas cuatro clasificaciones o tipos diferentes de calidad, la que es de interés, por el alcance y enfoque de esta tesis es la del Control del Producto. Como se observa esta tarea a su vez tiene tres fases, de las cuales la más importante en

cuanto nuestro objetivo, es aquella que se ocupa del Control del Proceso. La ingeniería ha desarrollado técnicas para el control del proceso productivo. Se puede definir la tecnología de la ingeniería como un conjunto de conocimientos para el análisis y el control de procesos de calidad, incluyendo control directo sobre la calidad de materiales mientras se encuentran en proceso y a todo lo largo del proceso industrial. Todas las técnicas utilizadas para lograr el control del proceso se pueden agrupar en cuatro clases principales:

I. Análisis de la calidad de procesos. Esta depende de los principios fundamentales, la determinación de la capacidad de la maquinaria y el proceso; la determinación del grado de conformidad con los valores proyectados; la determinación de las causas de variación y la identificación de las causas de inconformidad.

II. Control durante el proceso. Siendo este el punto más significativo de la secuencia presentada hasta este momento, se tratará con más detalle a lo largo de este trabajo.

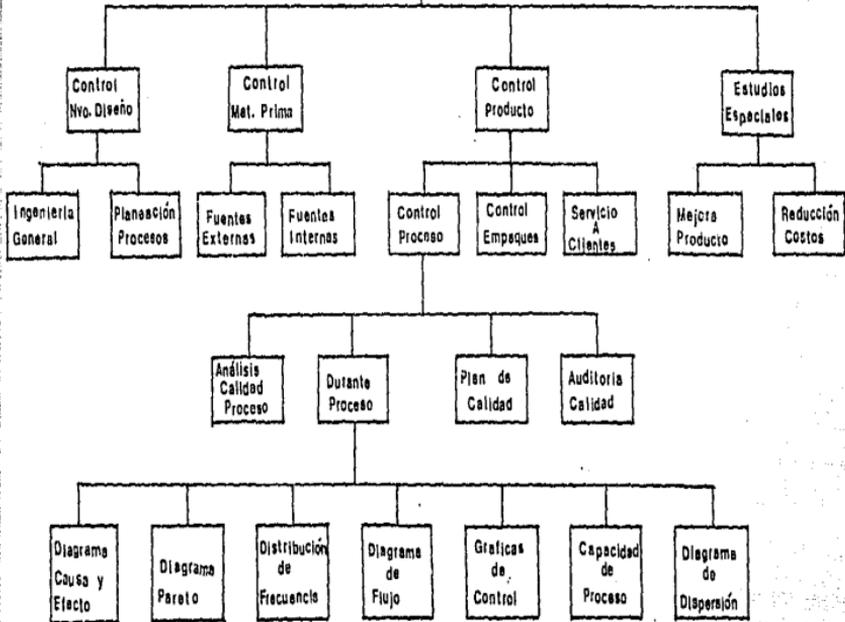
III. Implementación del plan de calidad. Consiste en la revisión y aliño de los elementos del sistema de calidad. Está formado por manuales e instructivos, interpretación de especificaciones y proyectos; planes temporales e inspecciones.

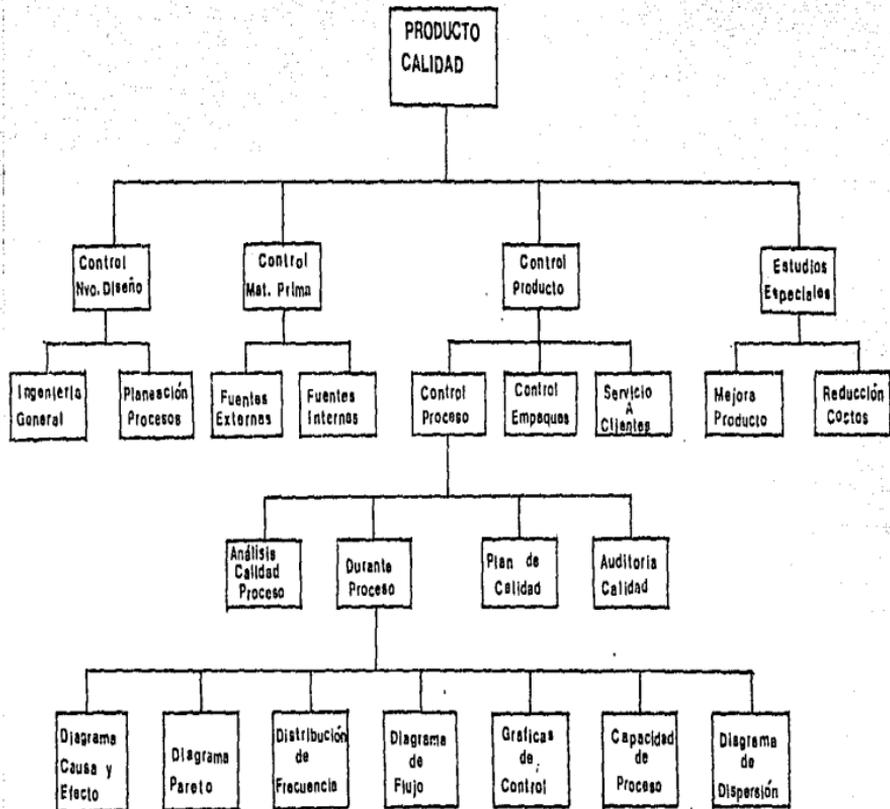
IV. Auditoría sobre la efectividad de la calidad. comprende todas las advertencias hechas por la tecnología de la ingeniería de la calidad. El monitoreo cubre producto y proceso junto con los procedimientos y el mismo sistema completo de la calidad.

Existen algunos métodos que ayudan en gran medida a mantener el proceso bajo control. Con el uso adecuado de los métodos estadísticos se puede minimizar la variación. Los métodos estadísticos ayudan a comprender el proceso, a controlarlo y luego a mejorarlo. Lo que los métodos estadísticos hacen es señalar la presencia de causas especiales. Varias de las técnicas básicas son simplemente formas de organizar y exhibir los datos en forma visual.

A continuación se muestra un diagrama con toda la secuencia tratada en este capítulo, mencionando las siete técnicas más utilizadas para el control de proceso las cuales serán tratadas a lo largo de este trabajo.

PRODUCTO CALIDAD





CAPITULO II

FILOSOFIA DEL CONTROL ESTADISTICO

CAPITULO II

FILOSOFIA DEL CONTROL ESTADISTICO.

Hoy en día el control del proceso es un elemento fundamental en cualquier empresa industrial, ya que la productividad, la calidad del producto y las ganancias dependen básicamente del eficiente control del proceso.

Las empresas que en mayor grado aplican sistemas de control de calidad durante el proceso productivo pertenecen a las industrias: químicas, farmacéuticas, alimenticias, de papel, metálicas, vidrio, textil, petroquímicas y tratamientos de agua. En dichas industrias no importa que el proceso sea continuo o por lotes. Esto no quiere decir, que las industrias no mencionadas anteriormente no apliquen control de proceso, sino simplemente que no es al mismo nivel.

Al aumentar la calidad en los procesos se aumenta la productividad y así se asegura la competitividad; esto es que al mejorar el proceso se incrementa la uniformidad en el producto terminado, se reducen o se omiten los reprocesos, así como los desperdicios de materiales y se evita también el gasto excesivo en mano de obra y horas máquina. Dichas reducciones originan que la capacidad disponible tanto de horas-hombres como de horas-máquina se destinen a la producción de productos que cumplan con los requerimientos establecidos. En consecuencia se debe de entender que la calidad del proceso no es igual a la calidad del producto.

La calidad del proceso es la producción de artículos de

alta calidad al costo más bajo y a la productividad más alta. Un producto de buena calidad no necesariamente cumple con un proceso de buena calidad, ya que en repetidas ocasiones se encuentra que para la obtención de un producto con la calidad deseable es necesario el reproceso en diversas etapas de la fabricación; en cambio, en un proceso de calidad se tiende a disminuir al máximo el reproceso.

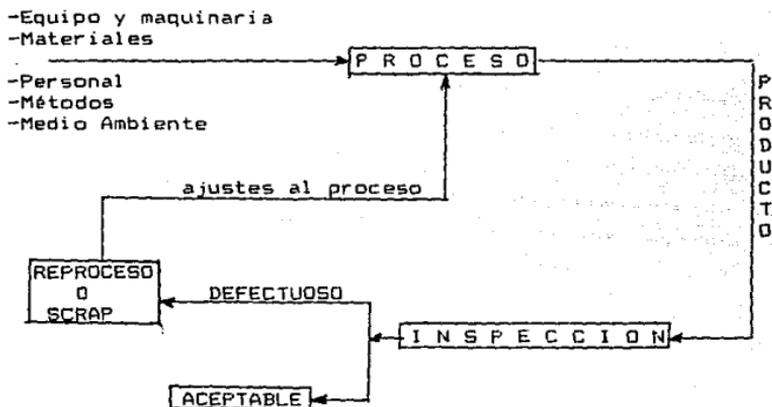
El control de proceso tiene como finalidad el auxilio en la percepción de tendencias en los procesos, de manera que pueda predecirse su comportamiento en el plazo inmediato y se puedan tomar acciones correctivas a las causas de variación y establecer a la vez medidas preventivas permanentes, que además de evitar la producción de material de desecho permitan ir mejorando el proceso gradualmente.

Es necesario conocer, para su buena comprensión, los tres conceptos básicos existentes sobre control del proceso, los cuales se presentan a continuación:

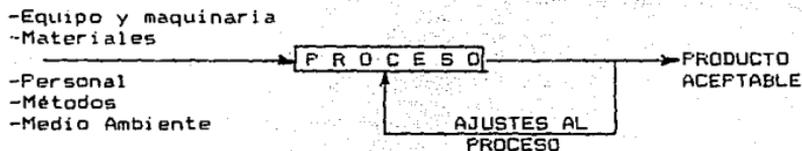
1. El estado de control estadístico en un proceso productivo no es natural; sino es un logro alcanzado por la eliminación de las causas de variación.
2. El control estadístico va más allá del simple cumplimiento de las especificaciones, éste debe usarse para alcanzar la mejora continua en los procesos y lograr un producto de calidad con un costo cada vez más bajo.
3. La mejora continua se deriva del uso permanente de métodos estadísticos, de su adecuada interpretación y del uso de la información derivada de éstos para instituir los controles de

proceso necesarios.

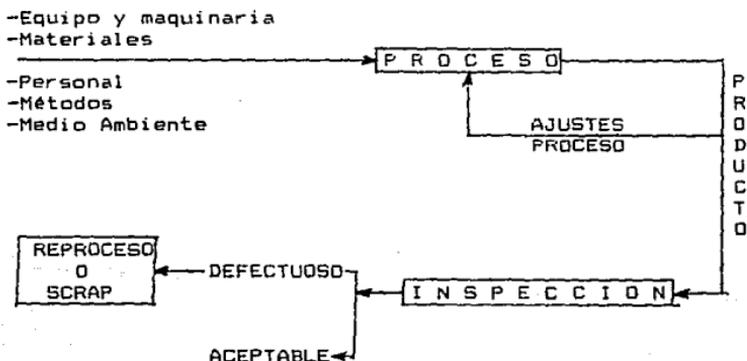
El control estadístico de proceso se enfoca a la prevención de problemas más que a su detección y solución. El control a través de la detección descansa fundamentalmente en algún tipo de inspección, que separa el producto inaceptable del aceptable; ésto presenta gastos adicionales ya que existe la necesidad del reproceso cuando es factible, o bien del desecho. Los ajustes al proceso se efectúan en base a la información proporcionada por el producto que se va a reprocesar o desechar. El sistema anterior se ejemplifica en el siguiente esquema:



Es mucho más deseable y sano para cualquier industria el tener un sistema de monitoreo el cual permita identificar los ajustes necesarios para eliminar la posibilidad de obtener productos inaceptables, tal como se muestra en la siguiente figura:



El estado anterior sólo se alcanzará con la acumulación de experiencia, mediante la aplicación de análisis estadístico de los procesos y la institución de los controles necesarios en el mismo. En la transición hacia este estado será necesaria la inspección para lograr la separación de la porción de productos inaceptables que gradualmente se irán reduciendo hasta convertirse en cero. Una vez obtenido el nivel de confiabilidad del proceso requerido, el cumplir con las especificaciones no será suficiente, se deberá tener como objetivo la producción de todo el producto en valor central para abatir costos. Este estado de transición se ejemplifica en la siguiente figura.



La utilización del control estadístico de proceso en cualquier industria tiene innumerables ventajas, algunas de las más significativas son:

- + El desarrollo del proceso es predecible.
- + Los costos y la calidad son predecibles.
- + La productividad está a su máximo y los costos al mínimo.
- + Los efectos de cambios en el sistema pueden ser medidos con gran velocidad y confiabilidad.
- + Se puede disminuir la inspección y con ello sus costos implicados.

Las técnicas de control estadístico permiten obtener ciertos resultados que no pueden obtenerse por otro camino. La introducción de estas técnicas a cualquier industria, provoca algunos cambios convenientes que podrían definirse como subproductos. Uno de estos subproductos puede ser el establecimiento y mejora de criterios de control.

Bajo el sistema de "hacerlo bien a la primera vez" el reproceso y scrap, con sus costos implicados, se eliminan y la inspección no es necesaria. La experiencia demuestra que muy pocos programas de control de procesos han sido exitosos. Esto se debe a que el entrenamiento se ha dado a niveles de expertos estadísticos, con términos complejos de estadísticas y matemáticas. La experiencia también ha demostrado que si se presenta un programa utilizando lógica estadística en lugar de términos complejos, se tendrá éxito en la aplicación de

programas, ya que los trabajadores de proceso verán que el control estadístico de proceso es una forma más lógica de operar.

Actualmente la estadística en la industria abarca tres diferentes funciones:

1. Análisis de datos
2. Muestreo estadístico
3. Control de proceso

De las técnicas anteriormente señaladas es conveniente mencionar que son necesarios estadígrafos entrenados tanto para el análisis de datos como para el muestreo estadístico, en cambio, sólo es necesaria la lógica estadística para el control de procesos. Asimismo, se facilita más el uso de control estadístico por medio de la utilización de nomogramas para los cálculos matemáticos más necesarios. De esta forma se implantará un sistema de control estadístico éxitos. Cabe indicar que el objetivo principal de esta tesis es explicar y detallar cada una de las técnicas estadísticas más utilizadas para el control de proceso. Para este fin, se toma como principio fundamental la lógica estadística, no haciendo uso de complicaciones estadísticas, debido a que este trabajo está enfocado a la implantación de control estadístico en proceso y en particular destinado al personal que interactúa con el proceso que es el que debe tener control sobre el mismo y hacer uso de estas técnicas.

Algunos de los métodos estadísticos son sólo formas de organizar. A continuación se muestran las técnicas estadísticas más utilizadas para el control de procesos:

1. Diagrama de Causa y Efecto.
2. Diagrama de Flujo.
3. Distribuciones de Frecuencia.
4. Diagramas de Pareto.
5. Gráficas de Control.
6. Diagramas de Dispersión.
7. Capacidad de Proceso.

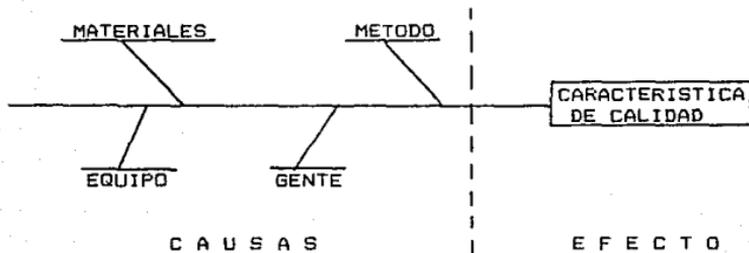
En el presente capítulo se estudiarán las formas de organización tales como: Diagrama de Causa y Efecto y Diagrama de Flujo. Posteriormente a lo largo de este trabajo se estudiarán las otras técnicas restantes excepto el Diagrama de Dispersión, ya que ésta requiere un estudio de análisis de los datos implicando un mayor conocimiento de estadística y matemáticas. Se hará hincapié en lo que a gráficas de control se refiere ya que éstas son el elemento más utilizado y el que más datos aporta al control estadístico de proceso.

TECNICAS DE CONTROL ESTADISTICO.

Se inicia ahora el estudio de las dos primeras técnicas que, aunque no son meramente estadísticas, resultan de gran ayuda para la organización y el logro de un buen control.

I. Diagrama Causa y Efecto.

Este diagrama constituye una forma sistemática de identificar las causas potenciales de la variación inaceptable en un proceso. Dicho diagrama divide las causas que afectan o influyen en determinada característica de calidad o problema.

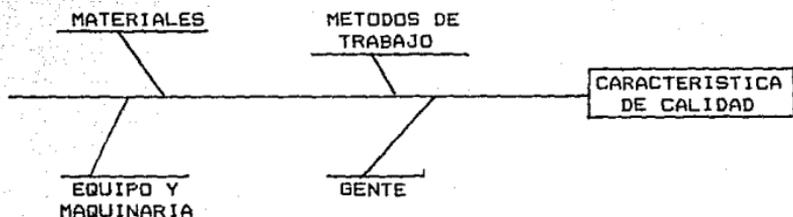


Este diagrama fue desarrollado por el Doctor Kaoru Ishikawa en la Universidad de Tokio, Japón, en 1953 y desde entonces ha contribuido en la solución de problemas de calidad al mejorar los procesos de producción. El uso de este diagrama facilita en forma notable el entendimiento y la comprensión del proceso y a su vez elimina la dificultad del control de la calidad en el mismo, aún en el caso de relaciones demasiado complicadas. Un factor favorable de esta técnica es que promueve el trabajo en grupo ya que es necesaria la participación de gente involucrada en el proceso para su elaboración y uso.

Existen tres tipos de diagramas: (1) Diagramas por Análisis de Dispersión, (2) Diagramas por Clasificación del

Proceso y (3) Diagramas por Enumeración de Causas.

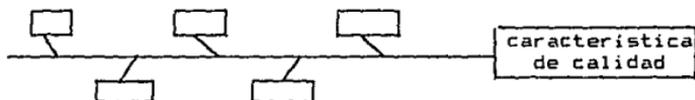
1. El Diagrama por Análisis de Dispersión, considera las partes de un proceso tal como se muestra a continuación:



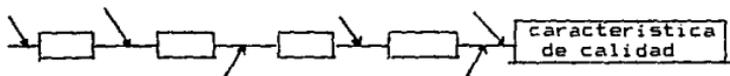
La ventaja de este diagrama es la ayuda que presta para organizar y relacionar los factores para su dispersión. Por el contrario, la desventaja que puede presentarse en determinado momento es el no considerar causas pequeñas que a su vez puedan influir enormemente en el proceso.

2. El Diagrama por Clasificación del Proceso se puede ilustrar de dos maneras diferentes; cabe mencionar que la línea principal sigue el proceso de producción en secuencia de pasos:

A)

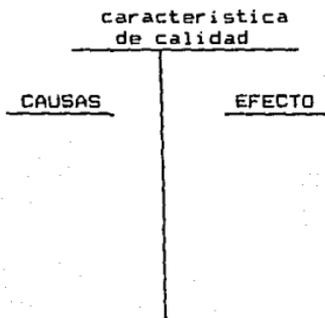


B)



La ventaja de este tipo de diagramas es que son fáciles de construir y de comprender ya que sigue la secuencia del proceso de producción. En contra partida se tiene que pueden aparecer causas similares una y otra vez y que las causas debidas a la combinación de más de un factor son difíciles de ilustrar.

3. Diagramas por Enumeración de Causas. En este tipo de diagramas se enlistan todas las causas posibles; éstas deben ser organizadas mostrando la relación entre causa y efecto.



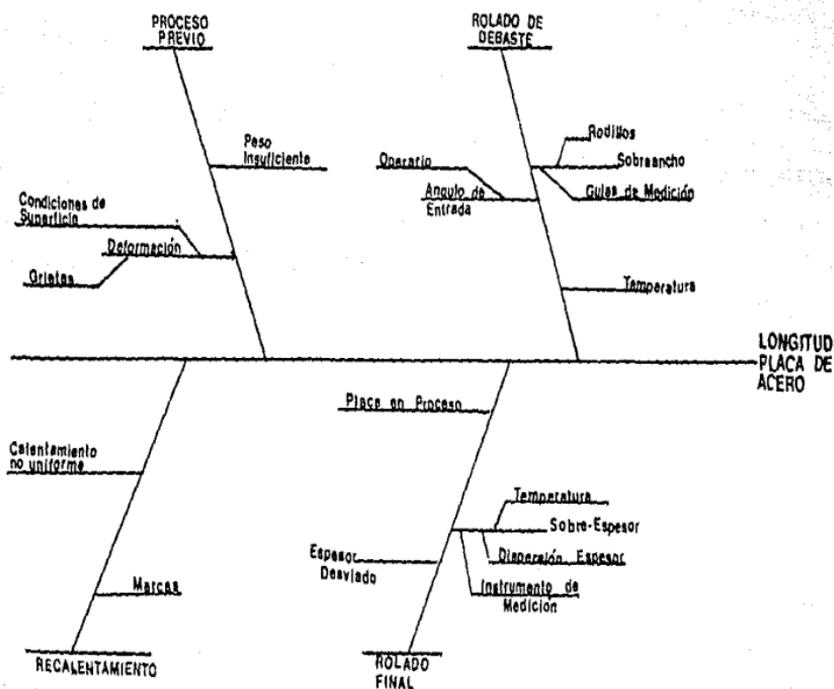
Una de las ventajas de trabajar con este tipo de diagramas es que se enlistan todas las causas posibles evitando omitir así alguna causa importante. Se encuentra en este arreglo dificultad para construir un diagrama como los anteriores.

Los diagramas causa y efecto sirven para seleccionar qué causa se deberá investigar primero, con el propósito de mejorar el proceso, para resolver el problema de la característica de calidad. Posteriormente se hacen pruebas y experimentos para saber si realmente la causa seleccionada afecta o no. Si

no es así, se selecciona otra causa, se confirma su efecto y así sucesivamente. A continuación se presenta un ejemplo real de un Diagrama Causa y Efecto por clasificación de proceso:

DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO

(ISHIKAWA)



II. DIAGRAMA DE FLUJO.

Es una representación gráfica del proceso de un trabajo o secuencia de un proceso a fin de mostrar claramente cómo avanza el proceso desde el principio hasta el final. Las características del Diagrama de Flujo son:

1. Sirve para que el personal se concentre en el proceso o sistema.
2. Se puede identificar claramente las relaciones entre cliente proveedor en cada uno de los pasos del proceso.
3. Define claramente las responsabilidades.
4. Se utiliza para definir el propósito específico de la acción.
5. Sirve para definir y evaluar entradas.
6. Sirve para definir y evaluar productos.
7. Hacen posibles el visualizar mejoras.
8. Se comprende claramente la secuencia del proceso.
9. Ayudan a integrar la calidad.

Existen algunos símbolos que se utilizan como son los siguientes:

	se refiere a actividades
	insumos para / productos de
	decisión que debe tomarse
	dirección de flujo entre actividades
	demora en el proceso
	inventario o almacén

Esta es la herramienta más sencilla del control

estadístico y es también importante para entender y asimilar todo el proceso en cuestión y enfocar la atención a uno o varios pasos específicos para comprender la implantación del control estadístico del proceso.

CAPITULO III

INTRODUCCION AL CONTROL ESTADISTICO

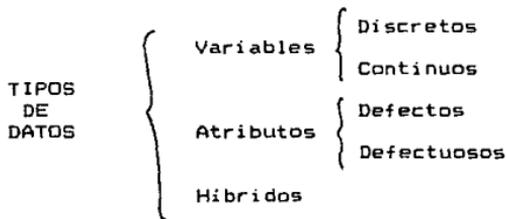
CAPITULO III.

INTRODUCCION AL CONTROL ESTADISTICO

Antes de comenzar el estudio de las técnicas estadísticas destinadas a la evaluación de las variaciones de un proceso es necesario conocer algunas definiciones y conceptos.

Los "datos" es la información que se obtiene acerca del comportamiento del proceso en estudio con la finalidad de obtener información estadística y poder analizar las tendencias. Existen diversos tipos de datos, todos ellos importantes en la industria; es necesario distinguir cada uno de éstos con el fin de seleccionar el tipo de gráfica o el método estadístico más adecuado.

El siguiente esquema muestra los diferentes tipos de datos que se tienen en la industria:



A continuación se describen brevemente cada uno de estos:

1. DATOS VARIABLES. Son aquellos que pueden ser medibles y expresados en unidades básicas como:

metros	kilogramo/segundo
centímetros	amperes
segundos	grados celsius
kilogramos	etcétera.

1.1 **Datos Discretos:** son aquellos datos que sólo pueden tomar un conjunto particular de valores; es decir, que cada observación puede suponer únicamente valores específicos y no pueden existir observaciones entre éstos. Por ejemplo: La cantidad de cartón corrugado en una línea de empaque.

1.2 **Datos Continuos:** estos datos pueden tomar un valor potencial cualquiera dentro de un intervalo específico de valores. Por ejemplo: 55.5 grados la temperatura de la mezcla.

2. **DATOS POR ATRIBUTOS.** Un atributo es una propiedad o característica perteneciente a algún objeto. Al juzgar datos por atributos se verifica si la determinada característica está o no presente, o cual de dos características antagónicas entre sí está presente en lo que se está juzgando. Ejemplos:

Bueno-Malo,

Illeso-Dañado

Igual al patron-Diferente al patron

2.1 **Defectos:** son imperfecciones encontradas en el producto como podrían ser poros, ralladuras, manchas, partículas de polvo, etc. Se registra el mínimo de defectos por unidad producida, pudiendo existir más de un defecto en cada unidad. El número de defectos se especifica mediante la letra "c".

2.2 **Defectuosos:** ésto se refiere al número de piezas defectuosas encontradas en una corrida completa de producción o en un lote determinado; no pueden existir más defectuosos que piezas, unidades o artículos defectuosos. Se simbolizan con "np".

3. **DATOS HIBRIDOS.** Consisten en la estratificación dentro del intervalo formado por las categorías extremas mencionadas en los

datos por atributos; lo que proporciona información mucho más objetiva que los datos por atributos acerca del grado de adecuación de una unidad. Ejemplo de ello son aquellas características cuyo juicio es un tanto subjetivo, puesto que no existe método preciso de medición, tal es el caso de la medición del grado de perfume en un detergente o del grado de aereación en una pasta dentrífica, en estos casos lo más adecuado resulta designar personas que "califiquen" el resultado. Esto es asignando una calificación de acuerdo al intervalo de clase del producto, es decir, estratificar en un número de categorías con calificaciones en escala de manera que se obtenga información acerca del grado de aceptación de la unidad en cuestión.

Además de conocer los anteriores conceptos es necesario tener en cuenta que la variación es la causa fundamental de que un proceso determinado tenga diferencias en cuanto a confiabilidad y calidad del mismo. La variación se puede definir como "la diferencia entre unidades que de otro modo se pueden concebir como semejantes, debido a que se produjeron tan cercanos a la semejanza como fue posible".

En seguida se mencionan los cinco principios fundamentales de la variación:

- 1.- No existen dos cosas exactamente iguales.
- 2.- En un producto o proceso siempre se puede medir la variación.
- 3.- Los resultados individuales no son predecibles.
- 4.- Los grupos de unidades forman modelos con características definidas.
- 5.- La variación se atribuye principalmente a dos fuentes

diferentes: a) Al Azar, resulta de cambios inherentes al proceso, éste tipo de variación se encuentra fuera de control y da lugar al modelo de campana, y b) Corregible, formada por errores sujetos de corrección, tienden a distorcionar el modelo de campana y pueden ser controlables.

La variación, por mínima que sea, es importante debido a que tiene una gran repercusión en el costo operativo y en la calidad del producto final. La información anteriormente presentada es importante para aplicar eficazmente los métodos estadísticos para la evaluación de las variaciones. En el presente capítulo se explicaran dos técnicas estadísticas, a saber: Diagramas de Pareto y Distribuciones de Frecuencia. Ambas de gran importancia para el control de calidad durante el proceso.

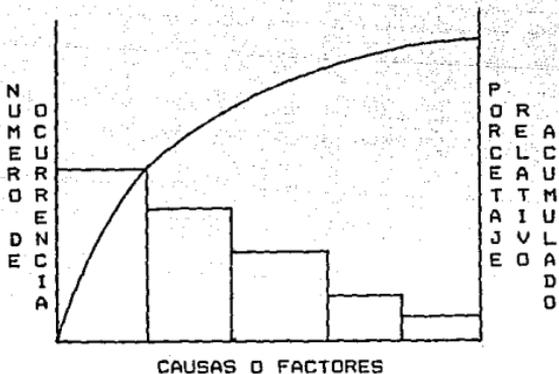
DIAGRAMAS DE PARETO.

El Diagrama de Pareto es una gráfica que representa en forma ordenada la frecuencia de la ocurrencia de las diferentes causas que ocasionan problemas severos en cualquier proceso industrial. El objeto de analizar un Diagrama de Pareto es identificar las causas principales y, en función de ello, establecer un orden de importancia de las causas permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos, canalizando eficazmente los esfuerzos de las personas que intervienen para atacar las causas más importantes, ya que si se consigue hacer disminuir o desaparecer éstas, se lograría una reducción significativa en la

magnitud del problema; por tal, se incrementaría la calidad del proceso y se reduciría el costo del mismo. La experiencia demuestra que es más fácil disminuir una causa con ocurrencia mayor, que eliminar una con ocurrencia mucho menor, de este modo el efecto de la mejora es mayor.

El Diagrama de Pareto es el primer paso para la realización de mejoras, es aplicable en todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora. Se utiliza asimismo para verificar si las acciones llevadas a cabo para lograr la mejora fueron o no eficaces, construyendo un nuevo diagrama cuando los efectos de dichas acciones se han puesto de manifiesto. Además de los beneficios que se obtienen al utilizar esta técnica y que fueron expuestos anteriormente, se añade que se promueve el trabajo en equipo ya que se requiere de la participación de todos los individuos relacionados con el área y al mismo tiempo facilita la comunicación entre los grupos.

A continuación se ejemplifica un diagrama de Pareto:



Elaboración de un Diagrama de Pareto:

1. Elaborar una lista de factores o causas potenciales o posibles de problema.
2. Establecer el periodo de tiempo que se comprenderá en la obtención de datos. No existe un periodo de tiempo pre-establecido.
3. Obtener en dicho periodo los datos sobre la ocurrencia de cada causa o factor.
4. Se ordenan los distintos tipos de causas del problema conforme a su ocurrencia, de mayor a menor. De igual manera se registra el número de casos (n_i) de cada tipo de factor o causa ($i=1,2,3,\dots,m$) siendo m el número total de causas distintas de tal forma que:

$$d = n_1 + n_2 + \dots + n_m$$

donde: d = número de casos que resultaron defectuosos en el total inspeccionado N .

5. Se calcula el porcentaje absoluto de unidades defectuosas con

respecto al número total N de inspeccionadas, para cada uno de los factores considerados.

$$a_i = (n_i / N) * 100 (\%) \quad i=1,2,3...m$$

Con tal porcentaje se puede saber la mejora que se lograría en la producción si se tomaran acciones efectivas para eliminar algún tipo de defecto.

6. Se obtiene el porcentaje relativo de defectuosos, respecto del número "d" de casos defectuosos; esto es para cada uno de los factores.

r_i = porcentaje relativo

$$r_i = n_i/d * 100 \quad i=1,2,3...m$$

de forma que:

$$\sum_{i=1}^m r_i = 100\%$$

7. Se calcula el porcentaje relativo acumulado (R_i)

$$R_i = \sum_{k=1}^i r_k$$

$$R_m = 100\%$$

8. En la hoja de registro se agrega la información obtenida en los puntos 5,6 y 7.

9. Se trazan los ejes:

horizontal: tipos de factores o causas

vertical izquierdo: número n_i de ocurrencias

vertical derecho: porcentaje relativo acumulado.

10. Se construyen las barras correspondientes a los distintos factores. La altura de las barras representa la ocurrencia n_i del tipo de defecto i . Las barras se diseñan con la misma amplitud.

11. Se grafica la curva de porcentaje relativo acumulado.

A continuación se presenta un ejemplo real del diagrama de Pareto:

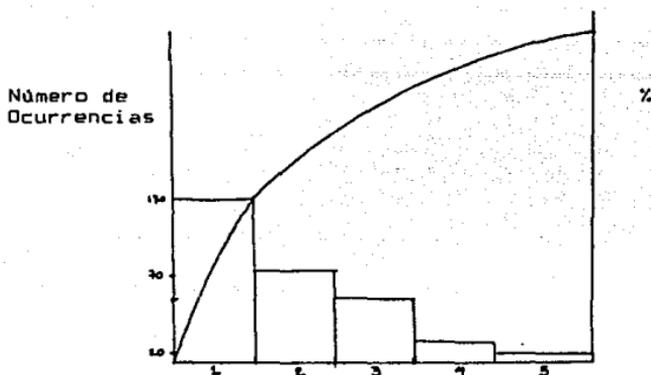
Número total de observaciones (N) = 1,200

Tabla de Datos:

CAUSAS	NUMERO DEFECTUOSOS	NUM.DEFEC. ACUMULADO	%DEFECTUOSO ai	%RELATIVO ri
Long.Escaza Espesor	130	130	10.80	46.40
Inadecuado. Anchura	70	200	5.80	25.00
Escaza. Grieta	50	250	4.10	17.80
Superficial	20	270	1.60	7.10
Otros	10	280	1.20	3.50
TOTAL	280	-	23.50	99.80

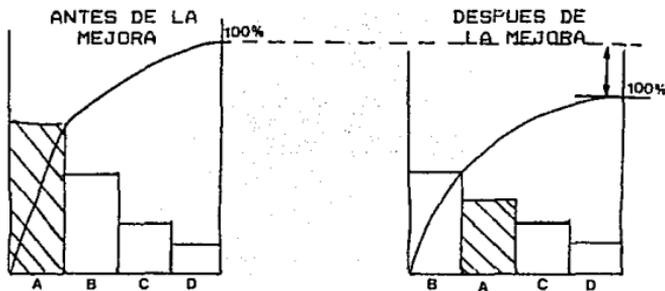
$$a_i = 130/1200 * 100 = 10.80$$

$$r_i = 130/280 * 100 = 46.40$$



El Diagrama de Pareto muestra resultados y efectos de las mejoras realizadas en las causas estudiadas. Cuando una mejora ha sido eficiente, el orden de las causas en el diagrama

cambiará. Hay que recordar que para poder comparar diagramas entre sí hay que elaborarlos con el mismo intervalo de tiempo y la misma cantidad de datos. El efecto de la mejora puede ser medido con la curva de ocurrencia, de lo cual a continuación se muestra un ejemplo:



El Diagrama de Causa y Efecto puede ser relacionado con el Diagrama de Pareto de tal forma que se pueden conocer las causas principales del problema que presenta mayor ocurrencia. De esta manera se tendrá una mayor visión para actuar con eficacia y reducir la ocurrencia de dicha causa obteniendo así una mejora considerable del problema en cuestión.

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS.

Se entiende por distribución de frecuencia 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.

La representación gráfica de las distribuciones de

frecuencia puede ser de tres tipos:

1. Histograma de Frecuencias
2. Diagrama de Barras
3. Polígono de Frecuencias.

El más utilizado dentro de la industria de proceso es el Histograma de Frecuencias, comúnmente llamado solamente Histograma.

Además de la representación gráfica es necesario contar con representaciones estadísticas que implican la obtención de por lo menos dos valores: uno para medir la tendencia central de los datos y otro para medir la dispersión de los mismos.

Las medidas de tendencia central que se emplean con más frecuencia son: Media, Mediana y Moda.

Las medidas de dispersión de los datos más eficaces en el control de calidad son: Amplitud, Desviación Estandar y Variancia.

A continuación se dará una breve descripción de cada una de estas medidas algebraicas que ayudan en mucho al control estadístico.

A. **MEDIA**, es la medida de tendencia central más utilizada, se define por el promedio de los datos obtenidos, se representa por:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

donde: \bar{X} = media aritmética

x_i = valor de cada una de las lecturas

n = número de lecturas practicadas.

B. **MEDIANA**. Se define como un valor "d", tal que el número de observaciones estrictamente mayores que él es igual al número de

observaciones estrictamente menores que él.

Cuando el número N de observaciones es impar existe un valor d único que coincide con el de la observación que ocupa el lugar (N+1)/2 cuando se ordenan de menor a mayor.

Cuando N es par d no sería único, pero es costumbre tomar el promedio de las dos observaciones que ocupan los lugares n/2 y n/(2+1) cuando se ordenan de menor a mayor.

Se utiliza la mediana cuando se desea caracterizar una muestra por un valor único representativo, en razón de que ella no queda afectada por valores extremos (anormalmente altos o bajos).

C. MODA. Se define de manera ambigua como el valor en cuya vecindad cae el mayor número de observaciones. Sólo se acostumbra calcularla para muestras de tamaño considerable; puede calcularse cuando los datos se encuentran agrupados en una tabla de frecuencia.

D. AMPLITUD. Se denomina amplitud o rango a la diferencia que existe entre el mayor y el menor de los valores obtenidos en una serie.

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

La amplitud media es obtener un valor medio de varias amplitudes registradas:

$$R = \sum_{i=1}^r R_i / r$$

donde: r = número de amplitudes, cada rango con el mismo número de lecturas.

Para que el proceso pueda cumplir con las especificaciones, la amplitud del mismo debe ser menor que la amplitud de las especificaciones.

E. VARIANCIA. Se define la variancia de una muestra bruta con observaciones X_1, X_2, \dots, X_N como la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada observación respecto a la media, dividida entre el número de observaciones.

$$S^2 = 1/(N-1) \left(\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{x})^2 \right)$$

F. DESVIACION ESTANDAR.

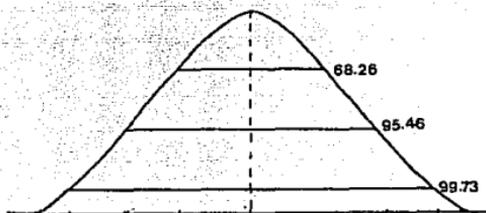
Para la mayoría de distribuciones de frecuencia industriales, se emplea la desviación estándar como una medida de dispersión. Se obtiene extrayendo la raíz cuadrada a la suma de los cuadrados de las diferencias de cada lectura de una serie a la media de esta serie, dividiendo entre el número de lecturas. En otras palabras, la desviación estándar es la raíz cuadrada de la variancia.

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 / N-1}$$

Gran parte del empleo analítico de las medidas algebraicas se derivan de un tipo particular de distribución de frecuencias que se denomina la curva normal. Esta curva normal corresponde a la curva de la distribución de frecuencia que se obtiene, cuando únicamente intervienen causas debidas al azar.

En sentido estricto, la curva normal es teórica, absolutamente simétrica alrededor de su media. Se define con precisión designando sus dos parámetros, la media y la desviación estándar. Aunque casi toda la superficie que comprende está incluida entre los límites $X \pm 3$ esta curva se extiende desde menos infinito hasta más infinito. A continuación se presentan los porcentajes de área de la curva normal, que caen dentro de los diferentes límites de la misma:

LIMITES	%DEL AREA TOTAL
X+- 0.6745s	50.00
X+- 1.0s	68.26
X+- 2.0s	95.46
X+- 3.0s	99.73



Como se puede observar casi toda el area cae dentro de los límites + 3-sigma.

Algunas de las distribuciones de frecuencia que se presentan en la industria no siguen la forma de la curva normal. El que una distribución no siga la curva normal no significa que representa mala calidad del proceso. Las formas no normales representan el criterio de una condición que se ha aceptado para el proceso de que se trate. La curva normal que salga de los límites de especificaciones será una mala distribución. Las formas típicas de las distribuciones de frecuencia son: 1. Simétricas 2. Asimétricas 3. Bimodales 4. Forma de J.

1. Simétricas. Siguen la curva normal.

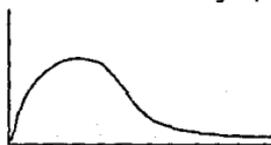
2. Asimétricas. La asimetría puede ser el resultado de la acción de uno o varios factores vigorosos. Este tipo de curvas pueden ser sesgadas hacia la derecha o hacia la izquierda. Si la curva es sesgada a la derecha las variaciones extremas tendrán lugar más frecuentemente por encima de la moda que por debajo de ella.

3. Bimodales. Son distribuciones con dos crestas, en las que se

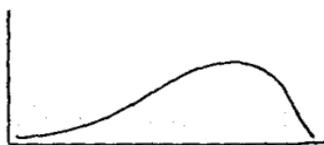
han incluido datos de dos o más orígenes diferentes. También puede resultar por modificaciones en las condiciones, cuando los datos provienen de una sola máquina o proceso.

4. Forma de J. Es una curva extremadamente asimétrica en la cual un límite es cero y en el otro extremo se obtiene un número elevado de lecturas.

A continuación se ejemplifica cada una de estas curvas:



SESGADA DERECHA



SESGADA IZQUIERDA



FORMA EN J



BIMODALES

Las Distribuciones de Frecuencia analizan los datos como individuales y sus límites de control pueden ser comparados directamente con los límites de especificaciones o capacidad de proceso. Para obtener los límites de capacidades del proceso:

$$UPCL = \bar{X} + 3s \quad (\text{Límite Superior de Capacidad de Proceso})$$

$$LPCL = \bar{X} - 3s \quad (\text{Límite Inferior de Capacidad de Proceso})$$

Si la capacidad del proceso cae dentro de los límites de especificación, entonces sí cumple con las especificaciones. Si, por el contrario, el proceso no está cumpliendo con las especificaciones, las tablas de distribución normal pueden

utilizarse para calcular el porcentaje de producción que no cumple con las especificaciones. Para ésto, se deben obtener los valores de:

$$USL - \bar{X} / s \quad \text{y} \quad LSL - \bar{X} / s$$

USL y LSL son los límites de especificación superior e inferior.

Utilizando las tablas de areas bajo la curva normal (Tabla A, Apéndice I) se obtienen los valores de las areas de cada uno de estos datos obtenidos. Así, el porcentaje fuera de especificación se calcula:

$$\%FE = (\text{área dato 1} + \text{área dato 2}) * 100$$

Es frecuente que las distribuciones de frecuencia, revelen, sin realizar elaborados análisis, una gran cantidad de información acerca del proceso o producto que se estudia.

Las ventajas del uso de las distribuciones de frecuencia son las siguientes:

- Obtener conocimientos acerca de la distribución de población : forma, localización y distribución.
- Conocer la relación entre los límites de especificación o tolerancia y la distribución de la población.
- Confirmar efectos de mejoras realizadas en el proceso
- Indica la necesidad de efectuar acciones correctivas.
- Determinar la capacidad del equipo.

Esta técnica ayuda a la determinación de la variación total que puede ocurrir en un proceso determinado, o bien, de un ajuste realizado.

De igual forma, encontramos algunas desventajas tales

como: la necesidad de un gran número de medidas, no establece una separación definida entre la variación al azar y susceptible de corrección.

A pesar de existir estas desventajas, el uso de distribuciones de frecuencia es de gran ayuda, sobre todo, que no son necesarios cálculos complicados y análisis profundos. Este tipo de herramienta estadística puede ser utilizada fácilmente por los operadores del proceso, involucrándolos así en la calidad del mismo.

Siendo el histograma la representación gráfica más utilizada, a continuación se presentan los pasos a seguir para su elaboración:

1. Determinar el intervalo de los datos.

2. Determinar el número y ancho de clases.

2.a. El número de clases (k) depende del número total de medidas (n). Para su obtención se utiliza la gráfica que se muestra en el apéndice I.

2.b. Para obtener el ancho de clases se divide el intervalo entre el número de clase. (R/k)

3. Establecer los puntos medios y los límites de clase.

3.a. El punto medio de cada clase debe establecerse cerca de la medida observada.

3.b. Los límites de clase se obtienen:

$$\text{medida observada} + \text{ancho de clase} / 2$$

Se observa que el límite inferior de una clase tiene el mismo valor que el límite superior de la siguiente clase en descenso.

4. Determinar los ejes de las gráficas.

4.a. La escala de frecuencia sobre el eje vertical debe estar ligeramente excedida con respecto a la frecuencia de la clase más grande.

4.b. La escala de medidas sobre el eje horizontal debe tener intervalos regulares que son independientes del ancho de clase.

5. Trazar la gráfica.

5.a. Se grafican los puntos opuestos de cada clase.

5.b. La altura de las barras corresponde a la frecuencia medida en cada clase.

Posteriormente a la representación gráfica se obtiene la representación estadística y se analizan los resultados.

CAPITULO IV

INTRODUCCION A GRAFICAS DE CONTROL

CAPITULO IV

INTRODUCCION A LAS GRAFICAS DE CONTROL.

Las gráficas de control es la quinta técnica estadística que ayuda a mantener la calidad en el proceso. Esta técnica es la más utilizada dentro de la industria para el control de proceso. Se puede definir la gráfica de control como: UN METODO GRAFICO PARA EVALUAR SI UN PROCESO ESTA O NO EN ESTADO DE CONTROL ESTADISTICO.

Es una comparación gráfica-cronológica de las características de calidad reales del producto, con límites que reflejan la capacidad del producir de acuerdo con la experiencia de las características de calidad de la unidad. La gráfica de control tiene como objetivo reducir la variación excesiva en una operación hasta un punto que corresponda a la tolerancia requerida. Asimismo es una herramienta estadística que detecta la variabilidad de un proceso; ayuda a la toma de decisiones válidas y las coloca sobre una base científica.

Una gráfica de control consta de límites de control, superiores e inferiores, establecidos con el propósito de obtener un juicio respecto al comportamiento del proceso. El proceso puede estar dentro de control o fuera de control; dentro de control significa que los valores de medición caen dentro de los límites de control. Cabe mencionar que un proceso puede estar dentro de control pero fuera de las especificaciones o bien dentro de especificaciones pero fuera de control.

Las gráficas que se presentan a continuación muestran

calidad

3. Ayuda a juzgar si la calidad está bien controlada.

Debe hacerse hincapié en el análisis de las gráficas de control, al igual que cualquier otra prueba estadística, se aplica a un conjunto de números y cualquier cosa que los afecte, afectará a la gráfica de control. Las causas de variación de estos números pueden ser debidas tanto a diferencias que se obtengan de las mediciones como a las propias variaciones de la calidad que se está midiendo.

Una gráfica de control muestra en un proceso de producción cambios en forma dinámica. Es por esto que este tipo de herramienta estadística es la más utilizada en la práctica, además de que no se necesita mucho conocimiento estadístico para su aplicación.

La clasificación de las gráficas de control se hace de acuerdo al tipo de datos con que se cuente:

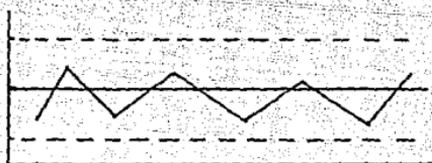
- Con datos continuos o discretos se utilizan gráficas de control por variables
- Las gráficas de control por atributos se utilizan cuando se tienen datos del tipo de defectos o defectuosos.

Asimismo, esta clasificación general se subdivide en:

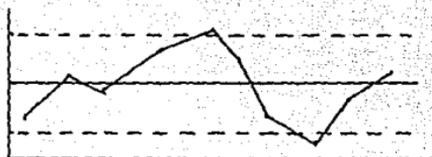
I. GRAFICAS DE CONTROL POR VARIABLES:

- 1.1 Media y Rangos
- 1.2 Media y Desviación Estandar
- 1.3 Mediana y Rangos
- 1.4 Individuos y Rangos.

claramente lo que es un proceso estable (dentro de control) y un proceso inestable.



PROCESO ESTABLE



PROCESO INESTABLE

Una virtud importante de la gráfica de control es que indica dentro de ciertos límites, cuándo hay que buscar la causa de una variación. La gráfica es incapaz por sí sólo de señalar exactamente el punto donde pueda encontrarse la causa del problema; sin embargo, aquellos que emplean la técnica de la gráfica de control llegan a desarrollar cierta habilidad para diagnosticar las causas de los problemas de producción. La adquisición de esta cualidad depende de la combinación de un dominio de los principios de la gráfica de control y de un conocimiento profundo de aquellos procesos de la producción a los que se aplica.

Existen tres usos principales de las gráficas de control:

1. Controlar la calidad durante la producción.
2. Poner de manifiesto la información de los registros de

II. GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.

2.1 Número de Unidades Defectuosas (np)

2.2 Porcentaje de Unidades Defectuosas (p)

2.3 Número de Defectos por Unidad (c)

2.4 Número de Defectos por Unidad en Muestras de Tamaño Variable (u).

Si se tienen varias características por investigarse se debe de comenzar por la más crítica en términos de funcionamiento. Si se utilizan gráficas por variables se debe utilizar una gráfica por cada característica estudiada. En cambio, si se emplean gráficas por atributos en una misma gráfica se pueden estudiar diversas características.

Una gráfica de atributos necesita un tamaño de muestra más grande que el de gráficas por variables.

Una gráfica por atributos se usa cuando se presentan las siguientes situaciones:

- No es posible tomar medidas
- No es práctico tomar medidas ya que se lleva demasiado tiempo y/o costo excesivo
- El proceso tienen muchas características para evaluar.

Una gráfica de variables se utiliza:

- Cuando se involucra una característica crítica
- Cuando se desea un control más preciso.

La frecuencia de la toma de medidas se basa en consideraciones económicas y en la historia del proceso. En una gráfica de control las líneas de decisión son la Línea Central,

el Limite de Control Superior y el Limite de Control Inferior. La línea central es el promedio de la variable seleccionada; generalmente los límites de control se localizan tres desviaciones estandar por encima y por debajo del promedio.

Las gráficas de control cuentan con dos zonas diferentes; la primera es la destinada para la curva que muestra la tendencia central de los datos y la segunda, muestra la curva de la dispersión de los mismos. De esta manera se puede analizar la variabilidad entre muestra y dentro de las mismas.

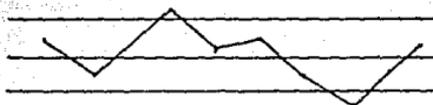
Es importante tener en cuenta que cada muestra representa un subgrupo, que a su vez está determinado por diferentes valores de muestras. La información que proporciona la gráfica de control depende del criterio empleado para la selección de los subgrupos. El criterio más racional es aquel que se basa en el orden en que la producción ha tenido lugar; muchas veces hay que considerar la posibilidad de separar subgrupos para distintas líneas de producción efectuando la misma operación o para diferentes etapas de una misma línea de tal forma que las causas de variación de una línea o etapa no afecte la variabilidad de la otra y pueda observarse mejor el cambio ocurrido.

El estado de control en un proceso de producción se logra solamente si no existen anomalías en la gráfica de control, donde los puntos deben estar al azar.

Las anomalías pueden ser cualquiera de las siguientes:

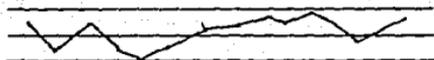
1. Puntos fuera de límites de control superior e inferior. Esto

indica la posible existencia de errores en la medición, cálculo o trazo; existencia de influencias externas al proceso y/o condición desfavorable para el proceso, cuya recurrencia debe evitarse mediante una acción preventiva y permanente.

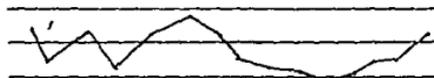


2. Tendencia ascendente y/o descendente. En algunas operaciones existe un desgaste progresivo fijo en los puntos situados, el cual se conoce como una tendencia y lo puede provocar un deterioro o un desgaste en la máquina. Generalmente tienen que ser 7 u 8 puntos sucesivos.

Ascendente:



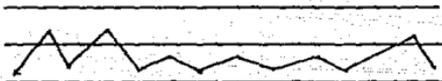
Descendente:



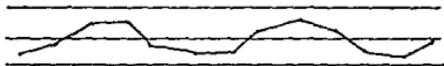
Este tipo de tendencias se presentan debido a que la media del proceso ha disminuido o aumentado y/o existe mejora o empeoramiento del proceso.

3. Carrera. Algunas veces se presenta un cambio aún cuando no haya puntos que caigan fuera de los límites de control. Se puede observar este cambio cuando se sitúan puntos sucesivos que se encuentran en un mismo lado de la línea central pero que todavía cae dentro de los límites. La carrera indica la existencia de un desplazamiento en el promedio o una reducción en la variación.

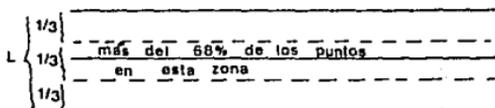
Una carrera queda manifestada cuando: a) Caen ocho puntos sucesivos en el mismo lado. b) Once de doce puntos sucesivos cualesquiera caen en el mismo lado. c) Trece de quince puntos sucesivos cualesquiera caen en el mismo lado.



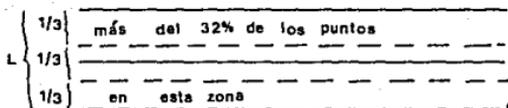
4. CICLO. En algunas ocasiones la operación resulta afectada por ciclos debidos a razones psicológicas, químicas, mecánicas o a efectos diarios o temporales. La aparición de éstos en la gráfica está determinada por una trayectoria definida de arriba a abajo, con posibles puntos fuera de control en ambos límites y puede interpretarse como una variación transferible.



5. Distribuciones de Puntos Inconsistentes. Si la distribución de puntos hace que más del 68% caiga en el tercio medio de la distancia entre los límites de control indica que existen errores de medición, cálculo o trazo; los datos fueron forzados y/o el método de muestreo es inadecuado.



Tampoco deben existir más del 32% de los puntos en los tercios exteriores de la distancia entre los límites de control



Con esta serie de anomalías explicadas se puede hacer un análisis sobre la gráfica de control pudiendo observar si el proceso está bajo control; es fundamentalmente importante que los puntos estén distribuidos al azar, esto es, que solamente existan variaciones debidas al azar.

En el siguiente capítulo se muestran con detalle cada una de las gráficas de control y se muestran los pasos para su elaboración. Cabe mencionar que los procedimientos mostrados son sencillos y aplican sobre todo la lógica estadística para su fácil comprensión, evitando caer en estadísticas complicadas.

CAPITULO V

GRAFICAS DE CONTROL

CAPITULO V.
GRAFICAS DE CONTROL.

GRAFICAS DE CONTROL POR VARIABLES

GRAFICA DE CONTROL DE MEDIAS Y RANGOS.

Es la gráfica más utilizada dentro de la industria de procesos. Representa gráficamente la variabilidad entre muestras (X) y dentro de muestras (R). Aplicada con propiedad puede ayudar en los siguientes puntos:

1. Conocer si la variación se debe al azar o bien a alguna causa predeterminada.
2. Conocer si el proceso bajo control se encuentra a un nivel deseado; esto es si está debidamente centrado o si la dispersión es satisfactoria.
3. Poder predecir o estimar el comportamiento del proceso.

Para tener un buen control de calidad en el producto es necesario la medición de muchas muestras, seleccionadas a intervalos frecuentes durante el período de producción. Este estudio llega a ser demasiado dificultoso debido a la necesidad de muchas muestras; sin embargo, el utilizar las gráficas de control permiten tomar o seleccionar muchas muestras de un tamaño relativamente pequeño.

Para la utilización de este tipo de gráficas es necesario tener promedios de muestra e intervalos de muestra; aún cuando las operaciones pueden controlarse vaciando en gráficas las observaciones individuales se obtiene una mayor sensibilidad con la detección de variaciones debidas a causas determinadas si se elaboran las gráficas con los promedios de muestras. Este no es el caso de las distribuciones de frecuencia ya que en éstas

quedan comprendidas todas las lecturas individuales de una característica de calidad, siendo sus límites los límites de proceso.

Una forma de expresar la variabilidad del proceso la da el intervalo (R), el cual proporciona una medida suficientemente segura de la misma.

Las principales partes de las que consta una gráfica X-R son:

- Límites de control superior con respecto a la media y al rango.
- Límites de control inferior con respecto a la media y al rango.
- Líneas centrales de media y rango.

La experiencia ha demostrado que los límites de control más efectivos son los 3-sigma ya que es el más útil y económico, puesto que para ese valor la mayor parte de las distribuciones de la industria tienden a la normalidad. Los límites de las especificaciones no pueden ser comparados con los límites de las gráficas de control ya que éstos se basan en la distribución de las medias.

Hay algunas situaciones importantes de procesos en operaciones específicas, sobretodo químicas, electrónicas y mecánicas donde las condiciones de producción requieren la aplicación de las gráficas de control de variables, pero en donde los límites de proceso básicos están justo en los límites de especificaciones. A este respecto algunas plantas generan

niveles de advertencia predeterminados, fijando los límites de advertencia en ± 2 -sigma.

Límites de control para medias:

$$LCSx = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LCIx = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

Límites de control para rangos:

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

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

Línea central gráfica X: $\bar{\bar{X}}$

Línea central gráfica R: \bar{R}

(Ver Tabla B para obtención de constantes)

A_2, D_4 y D_3 son constantes que multiplicadas por el rango medio de la población es equivalente a 3 sigma, para la distribución normal. Esta constante toma valores diversos dependiendo del tamaño de la muestra.

Los objetivos principales de este tipo de gráficas son los siguientes:

1. Asegurar información para el establecimiento o cambio de especificaciones o para determinar si el proceso puede cumplir determinadas especificaciones.
2. Asegurar información para el establecimiento o cambios de métodos de producción.
3. Proporcionar un criterio para la toma de decisiones de carácter general en el transcurso de la producción.
4. Proporcionar un criterio para la toma de decisiones con respecto a la aceptación o rechazo de productos terminados o materia prima.

Desde el punto de vista de la reducción de costos de producción, cualquier característica de calidad que provoque scrap o reproceso constituye un firme candidato para la gráfica de control; generalmente los ahorros mayores se consiguen introduciendo cambios en lugares que no se sugerirían examinando los costos de material de desecho y reproceso, ni en los costos de inspección; sin embargo, si se detectan analizando un proceso a través de la gráfica de control. La información en la misma esta influenciada tanto por las variaciones relativas a la propia medición como a las mediciones de la cualidad medida.

La representación se hace normalmente en papel milimétrico, pudiéndose utilizar también papel cuadriculado. La escala vertical representa las medidas estadísticas \bar{X} y R ; la escala horizontal representa fechas, horas, subgrupos, etc.

La falta de control se indica mediante los puntos existentes fuera de los límites de control en los graficos \bar{X} y R . Cuando se emplean límites 3 sigma y hay puntos que caigan fuera de los límites se puede decir que existen causas atribuibles de variación que no forman parte del sistema de causas constantes. Cuando el proceso esta bajo control significa que no hay causas atribuibles de variación.

Las acciones a tomar dependen de la relación existente entre el comportamiento real del proceso y el que se supone debería tener.

Los pasos a seguir para la construcción de una gráfica \bar{X} - R son los siguientes:

1. Obtener las lecturas de las muestras seleccionadas.

2. Obtener la media y el rango de cada muestra
3. Obtener la media de las medias y de rangos.
4. Calcular los límites de control superiores e inferiores de medias y rangos.
5. Graficar los puntos correspondientes.
6. Posteriormente se analiza el ordenamiento de los puntos como se muestra en el capítulo anterior y de acuerdo al patron del proceso de producción.

A continuación se presenta un formato de la Gráfica de Control X-R, pudiéndose adaptar a cualquier proceso en cualquier industria.

GRAFICA DE CONTROL

VARIABLES

TIPO DE GRAFICA	DEPARTAMENTO	OPERACION		No. MAQUINA
CARACTERISTICA	TAMANO MUESTRA	FRECUENCIA	U. MEDIDA	FECHAS
ESPECIFICACIONES				

Lca=	L C S	
Lc=	L C I	
Lca=	L C S	
Lc=	L C I	

Fecha / Turno	
Lecturas Individuales	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
suma	
\bar{X}, \bar{u}, M	

GRAFICAS DE CONTROL DE MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR.

La principal diferencia de los Gráficos de Medias y Desviaciones Estándar con las graficas anteriores consiste en que mientras en el primero las muestras son de tamaño constante, en el segundo son de tamaño variable. El proceso básicamente consta de la obtención de datos, el cálculo de los límites de control, el análisis y la interpretación.

Línea Central:

$$\text{para gráfica } \bar{X}: \bar{\bar{X}}$$

$$\text{para gráfica } s: \bar{s}$$

Límites de Control para Gráfica \bar{X} :

$$LCS_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{s}$$

$$LCI_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{s}$$

Límites de Control para Gráfica Sigma:

$$LCS_s = B_4 \bar{s}$$

$$LCI_s = B_3 \bar{s}$$

Constantes: se pueden obtener por medio de formulas o por medio de tablas: (Ver Tabla C, Apendice I)

$$A_1 = 3 / \sqrt{n}$$

$$B_4 = 1 + (3 / \sqrt{2n})$$

$$B_3 = 1 - (3 / \sqrt{2n})$$

Cuando el tamaño de los subgrupos son diferentes puede ser aconsejable utilizar para el cálculo de $\bar{\bar{X}}$ y \bar{s} , las medias ponderadas, cuyas expresiones son las siguientes:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i x_i}{\sum n_i} \quad \bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i s_i^2}{\sum n_i}$$

Cabe mencionar que a menos que las diferencias de tamaño entre los diferentes subgrupos no sean grandes, los cálculos son más sencillos y los resultados son aproximadamente los mismos si \bar{x} y \bar{s} se estimaran a partir de la media simple o no ponderada. No puede darse una regla general que diga cuándo ésta simplificación es satisfactoria; sin embargo, como idea aproximada, puede considerarse suficientemente correcto el empleo de las medias no ponderadas, siempre que el subgrupo más grande no supere al más pequeño de dos veces su tamaño. Es suficiente calcular los límites de control basados en un tamaño de subgrupo medio, pudiéndose emplear los límites independientes en los casos dudosos. Tamaño de subgrupo medio:

$$n = n_t / m$$

donde: n_t = número total de muestras

m = número total de subgrupos

El principal objetivo de estas graficas es obtener información para determinar si un proceso puede llenar las especificaciones. De acuerdo con los resultados se decide el establecer o cambiar especificaciones o procedimientos de producción. Este tipo de graficas sirve fundamentalmente como pruebas de homogeneidad de los valores que se obtienen de diferentes fuentes, para constatar si dichas fuentes están o no afectadas por causas distintas.

El método para la construcción de esta gráfica se

explica a continuación:

- Obtención de las medias ponderadas o simples según sea el caso.
- Obtención de la media de la desviación estandar.
- Calcular tamaño de subgrupo medio.
- Calcular constantes.
- Obtener límites de control.
- Graficar líneas centrales y límites de control.
- Graficar datos.
- Análisis e interpretación.

El formato empleado para estas gráficas es similar al de los gráficos X-R.

GRAFICA DE CONTROL PARA MEDIANAS Y RANGOS.

La aplicación de este tipo de cartas de control es exactamente la misma que la de una de medias y rangos. La ventaja de utilizar este tipo de cartas es la disminución de cálculos puesto que la mediana muestral, para cada grupo de valores se puede detectar con una simple inspección visual de los valores registrados en la misma columna. Representa una economía por ser fácil y esquemática su elaboración.

El procedimiento de llenado de una carta M-R así como su interpretación, no difieren del empleado para X-R excepto en el cálculo de los límites de control. Este tipo de gráficas se utiliza una vez que se logre mantener en forma estable el control.

Los objetivos de estas graficas son: Obtención de

información continua de un proceso que está bajo control en forma rápida y eficiente. Al igual que las graficas X-R se debe trabajar con grupos de igual tamaño. Se recomienda que cada grupo tenga una cantidad de observaciones tal que sea número impar.

Los límites de control respecto a los rangos son exactamente igual que para las gráficas X-R.

Los límites de control con respecto a las medianas son:

$$LCS = \bar{M} + A_2 \bar{R}$$

$$LCI = \bar{M} - A_2 \bar{R}$$

la constante A se puede obtener de la tabla B.

Pasos a seguir:

1. Calcular la media de las medianas

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n}$$

2. Calcular la media de rangos

3. Calcular límites de control

4. Graficar límites y líneas centrales

5. Graficar los datos.

6. Análisis e Interpretación.

GRAFICAS DE CONTROL PARA INDIVIDUOS Y RANGOS.

Los objetivos de esta gráfica son tanto el obtener información de procesos a partir de lecturas individuales cuando la característica a medir es relativamente homogénea, como el estimar la variabilidad debido a causas especiales cuando se presentan lecturas individuales que constituyen tendencias.

Se utilizan para recabar información del proceso a partir

de pruebas costosas y/o destructivas; y para medir características que presenten homogeneidad. Las muestras se obtienen con una frecuencia relativamente baja. Sus inconvenientes se reducen a que son poco sensibles a los cambios y no nos proporcionan un cuadro completo de las variaciones en el proceso ni es posible determinar la tendencia central de los elementos que se analizan. Se denotan mayor variación al agrupar valores que se encuentran más distantes.

Es importante tener en cuenta que el rango que se utiliza es un rango móvil que resulta de la diferencia entre los datos consecutivos.

Pasos a seguir para la construcción de la gráfica:

1. Obtener media de los datos
2. Calcular rangos móviles

Cuando el rango móvil es considerado a partir de 2 lecturas

$$n=2$$

$$R_i = X_2 - X_1$$

3. Calcular media de rangos ($R = R / (n-1)$)
4. Calcular límites superiores e inferiores

$$LCS_x = \bar{x} + E_4 \bar{R} \qquad LCS_R = D_4 \bar{R}$$

$$LCI_x = \bar{x} - E_4 \bar{R} \qquad LCI_R = D_3 \bar{R}$$

E_4 es una constante que puede ser obtenida mediante la tabla D, a partir de "n" que es el número de lecturas con que se obtiene el rango móvil.

5. Graficar
6. Análisis e interpretación.

De esta forma se explicaron cada una de las diferentes gráficas de control por variables, siendo la de mayor importancia y la de más uso la gráfica X-R. Las demás gráficas se basan en los principios de esta gráfica. Los métodos descritos son de fácil aplicación y comprensión para poder ser aplicados con eficacia y cumplir de esta forma con uno de los objetivos de este trabajo.

GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Una carta de control por atributos es una herramienta estadística para aquellos procesos en los que el resultado de la observación efectuada arroja solamente información sobre una cualidad que caracteriza el proceso o unidades en cuestión. Son un medio para detectar las tendencias en los niveles de rechazo de un producto, que sirven como auxiliares en la detección de algún cambio ocurrido en él; sin embargo, se fundamentan en la medición de niveles de rechazo y cuando éstos llegan a cero, dejan de proporcionar información que permitan prevenir una nueva aparición.

Este tipo de gráficas son aplicables a cualquier proceso; son rápidas y simples de obtener, fáciles de interpretar y contribuyen a dar prioridad a áreas con problemas.

Las observaciones por atributos solamente pueden manifestar dos alternativas, como por ejemplo: Pasa - No Pasa, Conforme - No Conforme y Bueno - Malo. Las muestras deben ser suficientemente grandes de manera que se puedan encontrar varias unidades defectuosas o con defectos en cada subgrupo.

Existen cuatro tipos de gráficas por atributos:

1. Número de Unidades Defectuosas (np)
2. Porcentaje de Unidades Defectuosas (p)
3. Número de defectos por unidad (c)
4. Número de Defectos por Unidad en Muestras Variables (u).

Estos cuatro tipos se pueden clasificar en dos grandes subgrupos a saber:

A) Las gráficas que se basan en tipos de datos defectuosos, es decir cantidad de unidades defectuosas, tal como: "np" y "p".

B) Las gráficas que se basan en el tipo de datos de defectos, como son: "c" y "u".

A continuación se detallan los objetivos y usos de estos dos grupos y se recopilará en un cuadro la información necesaria para la elaboración de cada una de estas gráficas.

A) TIPO DE DATOS DEFECTUOSOS

Los objetivos principales son:

- Investigar la media y proporción media de unidades defectuosas.
- Identificar y corregir causas atribuibles a la producción de unidades defectuosas.
- Sugerir áreas para el empleo de gráficas X-R para diagnosticar problemas de calidad.
- Proporcionar un criterio para poder enjuiciar las observaciones sucesivas si son o no representativas del proceso.

Estas gráficas se utilizan para:

- + Conocer causas que contribuyen al reproceso.
- + Obtener el diseño histórico de una o varias características de una operación en el proceso productivo.
- + Detectar causas especiales que económicamente no son viables de obtener a través de las gráficas X-R.

La elaboración de estas gráficas se basa en el cálculo del promedio de unidades defectuosas o la media de fracciones defectuosas según sea el caso; el cálculo de los límites de control respectivos y el análisis e interpretación de la

información.

En la grafica de control de fracción defectuosa se requiere calcular limites de control para cada subgrupo, ya que el tamaño de muestra es variable. Una forma de minimizar el tiempo requerido para la obtención de esta gráfica es utilizar el tamaño de subgrupo medio y a partir de éste calcular un sólo límite de control. Cabe mencionar que cualquier punto fuera o cercano a los limites de control se debe estudiar detalladamente. De igual manera es importante mencionar que este método puede ser utilizado siempre y cuando el tamaño de subgrupo máximo y mínimo no disten en más de 25% del tamaño medio. La tabla E que se presenta en el apendice I es de gran utilidad para la obtención de los valores de los límites de control 3-sigma para este tipo de graficos. En ella se dan los limites superiores e inferiores para ciertos porcentajes defectuosos y tamaños de subgrupo.

En lo que se refiere a la grafica de control de unidades defectuosas solamente se calcula un límite de control ya que el tamaño de muestra es constante. Para obtener los límites de control es necesario obtener primero el número np , es decir el resultado de dividir el total de artículos defectuosos entre el total de subgrupos.

Entre las gráficas P y NP no existe ninguna diferencia fundamental, excepto el tamaño de muestra, y ambos proporcionan información muy valiosa sobre las unidades defectuosas.

B) TIPOS DE DATOS DE DEFECTOS.

Los principales objetivos son:

-Reducir costo relativo del proceso

- Informar acerca del nivel de calidad
- Determinar qué tipos de defectos no son permisibles en el proceso.
- Informar probabilidad de ocurrencia de los defectos en una unidad.

Este tipo de cartas se utiliza en problemas en donde pueden existir más de un defecto por pieza, siendo estos defectos de igual o diferente naturaleza; cabe mencionar que cuando se seleccionan defectos de diferente naturaleza, se debe ser claro en establecer qué tipo de defectos se buscan y verificar consistentemente solo defectos que pertenezcan a alguna de las categorías seleccionadas. La elaboración de este tipo de gráficas se basa en la obtención y el registro de datos, el cálculo de los límites de control y la interpretación de la gráfica. Las graficas de control que entran en esta clasificación son: Gráficas de defectos (c) y Gráficas de defectos por unidad (u). Para aplicar la gráfica "c" debe de existir la misma oportunidad de recurrencia de defectos en cada subgrupo. La gráfica "u" se utiliza cuando el tamaño de subgrupo es variable, así, los límites de control también variarán dependiendo del tamaño del subgrupo. El procedimiento de cálculo es semejante al de la gráfica de fracción defectuosa y de la misma manera se puede obtener un limite de control con un tamaño de subgrupo medio.

A continuación se presenta un cuadro informativo de características especiales y fórmulas de cada una de las gráficas

por atributos presentadas en este capítulo:

TIPO DE GRAFICA	OBJETIVO	TIPO DE MUESTRA	LIMITES DE CONTROL	OBSERVACIONES
np	Registrar y controlar y cant. de pc defectuosas en la muestra	constante.	$\frac{\bar{np} + 3\sigma}{\sqrt{\bar{np}(1-\bar{np}/n)}}$ $\bar{np} = np/m$	
p	Alternativa de np con muestra variable.	variable	$\frac{\bar{p} + 3\sigma}{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}}$ $\bar{p} = np/n$	Se recomienda tomar tamaños de muestra con variación no mayor a + 25% de un valor preestablecido.
c	Registrar y controlar cantidad de defectos en muestra.	constante.	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$ $\bar{c} = c/m$	La cantidad de defectos puede superar al tamaño de muestra.
u	Alternativa de "c".	variable	$\bar{u} \pm 3\sigma$ $\sqrt{\bar{u}/n}$ $\bar{u} = c/n$	Muestras con variación no mayor a 25%.

Donde:

n = tamaño de muestra

m = cantidad de muestras

\bar{p} = media de proporción de piezas defectuosas.

\bar{c} = media poblacional de la cantidad de defectos por muestra.

c = cantidad de defectos por muestra.

\bar{u} = media de defectos por unidad de cada subgrupo.

De esta forma queda explicada la herramienta más utilizada en el control de procesos. Se presentó de una manera sencilla para su comprensión y elaboración; así puede ser aplicada con éxito en cualquier proceso industrial. Las gráficas de control a pesar de su aparente simplicidad, presentan un punto de vista totalmente nuevo, basado en que la calidad medida de un proceso o producto, esta siempre sujeta a la variación aleatoria.

La utilidad de las graficas de control se basa en la posibilidad de separar las causas de variación de la calidad; a la vez hace posible el diagnóstico y la corrección de problemas en el proceso, lleva a mejoras considerables en la calidad del producto y a la reducción de desperdicio y de reproceso. Al identificar las variaciones debidas al azar, la gráfica de control nos indica en qué momento debemos dejar solo el proceso, evitándo ajustes innecesarios que tienden a incrementar la variabilidad en lugar de disminuirla.

La gráfica de control como técnica, favorece la toma de decisión sobre las tolerancias, los diseños y los métodos de producción.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

GRAFICA DE CONTROL

ATRIBUTOS

TIPO DE GRAFICA	DEPARTAMENTO	OPERACION		NO. MAQUINA
CARACTERISTICA	MUESTRA	FRECUENCIA	U. MEDIDA	FECHAS
	FLIA. VARIABLE			ESPECIFICACIONES

Lc ⁺	L											
	C											
	S											
	Lc:	L										
		C										
		S										
		I										
	Lc ⁻	L										
		C										
		S										
I												

FECHA										
LOTE										
Tamaño Muestra										
proporción defectos/muestra (u)										
No. defectos en muestra (c)										
unidades defectuosas por muestra (np)										
prop. unidades defect. en muestra (p)										

CAPITULO VI

CAPACIDAD DE PROCESO

CAPITULO VI.

CAPACIDADES DE PROCESO.

Un producto de calidad puede producirse unicamente cuando la máquina o proceso con que se elabora puede mantener las tolerancias especificadas. Cuando el equipo no puede satisfacer estas tolerancias, el costo se incrementa en forma de desecho, reproceso o ambos.

La capacidad del proceso se determina haciendo un estudio de la desviación estándar del proceso. Por definición, la Capacidad del Proceso es seis veces la desviación estándar del mismo (6s).

La evaluación de la capacidad del proceso incluye tres etapas de gran importancia, a saber:

- 1.- Cálculo de la capacidad del proceso.
- 2.- Comparación de la capacidad del proceso con la especificación.
- 3.- Tomar decisión basada en el resultado de la comparación.

Estos tres pasos son válidos si el proceso está en control estadístico y si los datos están distribuidos normalmente.

Para evaluar la relación entre la capacidad del proceso y la especificación del mismo se utilizan tres factores:

- A) Índice de Capacidad de Calidad del Proceso (Cp)
- B) Razón de Capacidad (CR)
- C) Índice del Centrado del Proceso (Cpk)

El Cp y el CR comparan la capacidad del proceso con la especificación o tolerancia del mismo. El Cpk es un factor entre

la distribución del proceso, y la distancia del promedio del proceso al límite de especificación más cercano; este índice permite la evaluación del centrado del proceso.

El Índice de Capacidad Potencial de Calidad del Proceso (Cp) es una expresión cuantitativa de precisión de un proceso industrial en condiciones normales de operación y control, respecto a sus límites de especificación o tolerancia establecidos, es decir, que este índice compara la variación del proceso contra las especificaciones de ingeniería, sin considerar la ubicación del proceso.

Las aplicaciones más importantes del índice de la capacidad potencial de calidad del proceso son las siguientes:

- a) Hacer comparaciones entre especificaciones de producto y proceso.
- b) Selección de nuevo equipo (precisión y costo)
- c) Evaluación de la eficiencia de mantenimiento.
- d) Comparación entre maquinaria disponible.
- e) Evaluación periódica de la calidad del proceso
- f) Análisis de problemas causados por materias primas
- g) Analizar diferencia entre operadores, turnos, líneas de producción, etc.
- h) Determinación de nuevas tolerancias o límites de especificación en proceso y producto
- i) Revisión de límites ya existentes para mejorar el servicio o producto
- j) Ajuste de maquinas para su operación normal
- l) Información para mantenimiento preventivo.

La formula básica para calcular el índice de la capacidad de calidad del proceso es la siguiente:

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6s}$$

Es la relación entre la dispersión permitida al proceso, que se da por los límites de especificación o tolerancias y por la dispersión que realmente tiene el proceso, que es calculado por seis veces la desviación estándar

Para obtener el C_p es necesario contar con:

- 1.-Tolerancias definidas (inherentes al proceso) para la variable o característica de calidad del proceso a controlar o analizar.
- 2.-Obtención de datos.
- 3.-Representación gráfica
- 4.-Estudio del C_p

Si solamente se cuenta con un límite de especificación del proceso se utiliza la siguiente formula:

$$C_p = \frac{\bar{x} - L}{3s}$$

donde L es el límite de especificación ya sea superior o inferior

Cuando el proceso esta centrado a la especificación nominal $C_p = C_{pk}$, mientras mayor sea el valor de C_p menor será el rango de variación de las partes del proceso. Cabe mencionar que el C_p no indica en ningún caso la ubicación del proceso en relación a las especificaciones.

La Razón de la Capacidad es el recíproco del C_p :

$$CR = \frac{6s}{\text{Tolerancia Total}}$$

En relación al equipo se puede decir que un equipo nuevo tiene capacidad si $CR \leq 67\%$ y el equipo en existencia tiene capacidad

si $CR < 75\%$.

El C_p y el CR no nos dan información acerca del centrado del proceso. Es muy factible encontrar una situación en la que el C_p y el CR indican que el proceso es capaz de trabajar cumpliendo la tolerancia establecida, pero que sin embargo dicho proceso no está centrado.

El Índice del Centrado del Proceso o Capacidad Real del Proceso C_{pk} , es la relación entre la variación y la localización del proceso contra las especificaciones de diseño. Se calcula de la siguiente forma:

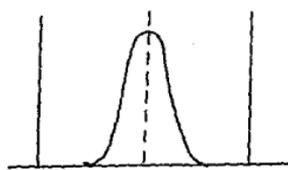
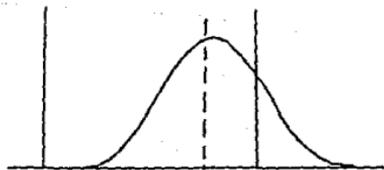
$$Z_{USL} = (USL - \bar{X}) / s$$

$$Z_{LSL} = (\bar{X} - LSL) / s$$

C_{pk} se calcula utilizando el valor más pequeño de Z :

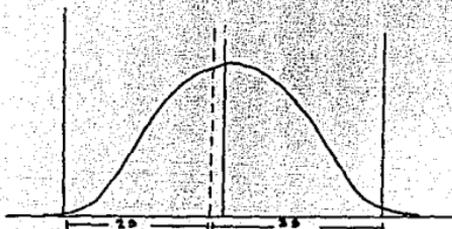
$$C_{pk} = Z_{min} / 3$$

Si el proceso está centrado C_{pk} y C_p serán iguales; si el proceso no está centrado C_{pk} será menor que C_p . Si el C_{pk} es menor a cero indica que el proceso está centrado fuera de especificaciones. Entre mayor sea el índice C_{pk} mayor será la habilidad del proceso para producir repetidamente partes dentro de especificación, como se puede observar en las siguientes figuras:

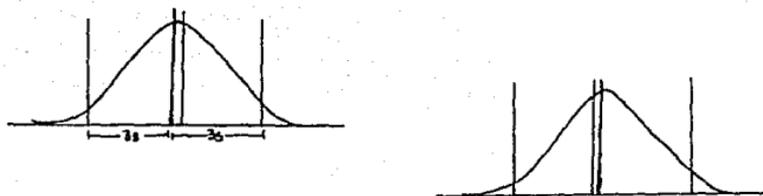


A continuación se muestran algunos ejemplos de la capacidad y centrado del proceso.

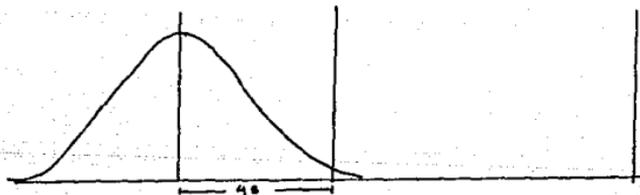
a) Distribución de datos con respecto a la especificación ligeramente descentrados.



b) El diagrama del proceso perfectamente centrado se muestra a continuación ($C_p=C_{pk}$):



c) Proceso centrado fuera de especificaciones, C_{pk} menor a cero.



De esta manera se termina la presentación de las técnicas

estadísticas utilizadas para el control de calidad en el proceso. Dichas técnicas permiten tener una visión bastante amplia para implementar mejoras en el proceso y lograr así tener un proceso de calidad con cero reprocesos y desperdicios. Como se aclaró al principio de este trabajo, la obtención de un sistema de control de calidad sin reprocesos y desperdicios requiere de tiempo, dedicación y mucho trabajo y se logrará gradualmente a lo largo del tiempo. Sin embargo, al establecer el control en el proceso, éste podrá permanecer así por tiempo indefinido, siempre y cuando se sigan utilizando las técnicas estadísticas e implementando mejoras día a día. En el siguiente capítulo se presenta un ejemplo práctico como ayuda a la comprensión de todas las técnicas estadísticas.

CAPITULO VII

APLICACIONES Y EJEMPLO PRACTICO

CAPITULO VII APLICACIONES Y EJEMPLO PRACTICO

En este último capítulo se verán resumidas todas las técnicas estadísticas estudiadas con anterioridad y en cada una de ellas se definirá cuando se deben de utilizar y se ejemplificará con un caso real.

DIAGRAMA DE PARETO

Se utiliza cuando se tienen varias causas atribuibles a un problema en particular y se desea estudiar el grado de frecuencia de cada causa. De esta forma se permite conocer cual causa tiene prioridad sobre las demás para un estudio más profundo. Es aplicable a cualquier proceso ya sea continuo o por lotes, y a cualquier característica ya sea variable o por atributos. Cabe mencionar que es necesario delimitar un periodo de tiempo para la obtención de la información necesaria que permita mostrar un diagrama de Pareto veraz y representativo de las causas de calidad deficiente del proceso en cuestión.

Con la finalidad de hacer más ilustrativo el presente trabajo a continuación se presenta un ejemplo práctico de cada una de las técnicas estadísticas estudiadas en el mismo. Cabe mencionar que a lo largo de este capítulo y conforme se avance en la descripción práctica de cada técnica se completará el ejemplo presentado. Dicho ejemplo se basa en un proceso para la producción de pasta dental y todos los datos presentados son reales.

Para cubrir con los requerimientos del mercado, la pasta dental pasa por un estricto control de calidad durante y al final del proceso en el cual se estudian las siguientes características:

Viscosidad	Sabor
% SO ₃	% Sabor U.V.
pH	Apariencia
Aire Ocluido	Textura
Expansión al vacío	Floururos
Color	Densidad
Claridad	

Se llevó a cabo un estudio de las probables causas que originaban la deficiencia en la calidad. Se decidió tomar medidas de las diferentes causas a lo largo de un periodo de quince días para posteriormente hacer uso del diagrama de Pareto y tomar una decisión acertada de la causa que habría que estudiar con prioridad. A lo largo del periodo de tiempo antes mencionado se obtuvieron los datos que se presentan a continuación; asimismo se presentan los cálculos necesarios para la obtención del diagrama.

NUMERO TOTAL DE INSPECCIONADOS = 310 unidades

D A T O S		C A L C U L O S		
CAUSA	OCURRENCIA	PORCIENTO DEFECTUOSO (1)	PORCIENTO COMPOSICION (2)	% RELATIVO ACUMULADO (3)
% SO	64	20.65	31.07	31.07
VISCOSIDAD	33	10.65	16.02	47.04
AIRE	31	10	15.05	62.14
pH	29	9.35	14.08	76.22
CLARIDAD	23	7.42	11.17	87.39
SABOR	17	5.48	8.25	95.64
COLOR	7	2.26	3.4	99.04
TEXTURA	2	0.65	0.96	100
TOTAL	206	---	---	---

(1) % DEFECTUOSO

$$100 * \frac{\text{OCURRENCIA POR CAUSA}}{\text{TOTAL DE INSPECCIONADOS}} = \frac{64}{310} = 20.65$$

(2) % COMPOSICION

$$100 * \frac{\text{OCURRENCIA POR CAUSA}}{\text{TOTAL DE DEFECTOS}} = \frac{64}{206} = 31.07$$

(3) % RELATIVO ACUMULADO

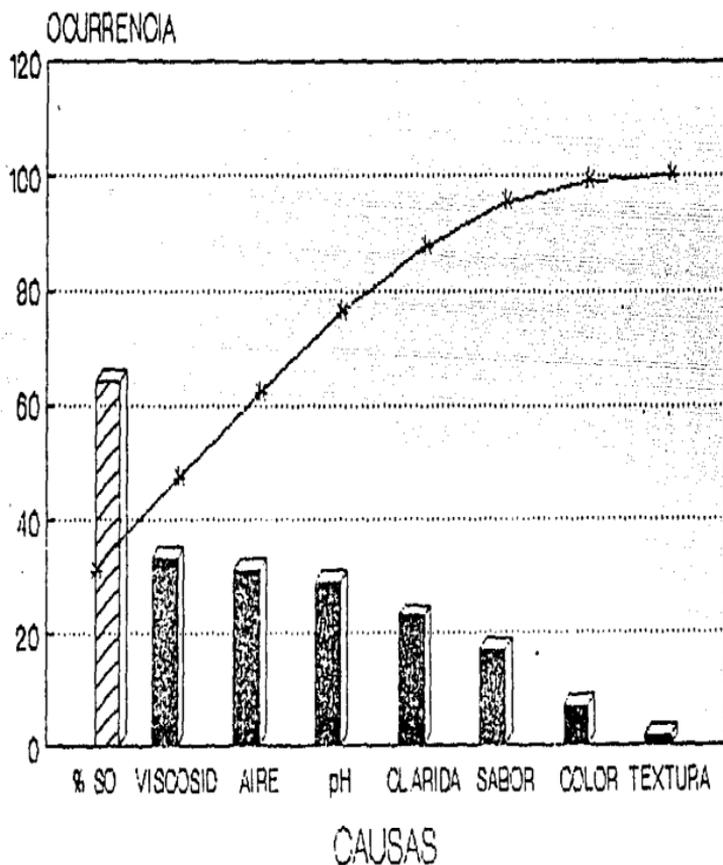
$$PRA1 = PRA(i-1) + \%C1$$

$$PRA1 = \% C1 = 31.07$$

$$PRA2 = PRA1 + \%C2 = 31.07 + 16.02 = 47.04$$

A continuación se presentan dos gráficas de diagramas de Pareto: en la primera se presenta la frecuencia de ocurrencia de cada causa y la curva de porcentaje relativo acumulado, y en la segunda se presenta la información a manera de porcentaje de composición. En ambas se deja ver con claridad que una causa importante de la deficiencia de la calidad es el porcentaje de S0 contenido en la misma, por lo que se da prioridad al estudio de dicha causa.

DIAGRAMA DE PARETO



■ CAUSAS MENORES ▨ PRIORIDAD * P.R.A.

GRAFICA DE PARETO PARA: CAUSAS

SUMA TOTAL DE CONTEOS: 206

CONTEO POR CAUSAS: / ANOTA TUS VITALES!

PO
R
C
E
N
T
A
J
E

30

20

10

0

% V A P C S C T
S I I R L A O E
O S R A B L X
3 C E R O O T
O I R R U
S I D A D A
D

1:	64.00	31.07%
2:	33.00	16.02%
3:	31.00	15.05%
4:	29.00	14.08%
5:	23.00	11.17%
6:	17.00	8.25%
7:	7.00	3.40%
8:	2.00	0.97%

HISTOGRAMA

Las distribuciones de frecuencia se utilizan para obtener conocimientos acerca del tipo de distribución, localización y forma que sigue el proceso en cuestión.

Se utilizan datos variables, pudiendo ser discretos o continuos; asimismo se pueden aplicar en procesos continuos o por lotes, siendo importante delimitar un periodo de tiempo para la obtención de datos. Esta técnica estadística estudia los datos como individuales y permite visualizar si el proceso se encuentra dentro o fuera de especificaciones. El inconveniente de esta técnica es el manejo de gran cantidad de datos, siendo posible caer en errores frecuentemente.

Las distribuciones de frecuencia se derivan de la curva normal, pero se puede tener un patrón de distribución para aquellas que no sigan la normalidad ya que todas las distribuciones tienden a la normal. Para ejemplificar esta técnica se continua con el desarrollo del ejemplo práctico:

Habiendo obtenido la información que la causa principal de la deficiencia de la calidad es el porcentaje de SO se procede a estudiar en un periodo de ocho días dicha causa; los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla, así como los cálculos necesarios para la obtención del histograma en cuestión.

DATOS OBTENIDOS

SUBGRUPO 1	SUBGRUPO 2	SUBGRUPO 3	SUBGRUPO 4	SUBGRUPO 5
0.3600	0.4000	0.3300	0.3900	0.3500
0.3900	0.4100	0.3100	0.3800	0.3300
0.3200	0.3900	0.3500	0.4000	0.3100
0.3500	0.4000	0.3700	0.4000	0.3700
0.4000	0.3800	0.3500	0.3700	0.3600
0.4000	0.3500	0.3300	0.3600	0.3700
0.3800	0.3200	0.3500	0.3900	0.3900
0.3500	0.3400	0.3800	0.3700	0.4000

PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:
0.3688	0.3758	0.3463	0.3825	0.36
RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:
0.0800	0.0900	0.0700	0.0400	0.0900
=====				

SUBGRUPO 6	SUBGRUPO 7	SUBGRUPO 8	SUBGRUPO 9	SUBGRUPO 10
0.4100	0.3500	0.3500	0.4000	0.3500
0.4200	0.3500	0.3800	0.4000	0.3600
0.4000	0.3400	0.3700	0.4100	0.3400
0.3800	0.3500	0.3800	0.4200	0.3500
0.3900	0.3300	0.3800	0.4000	0.3500
0.3700	0.3700	0.3900	0.3800	0.3500
0.3500	0.3600	0.3700	0.3500	0.3400
0.3600	0.3600	0.3800	0.3700	0.3300

PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:
0.3850	0.3512	0.3750	0.3913	0.3463
RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:
0.0700	0.0400	0.0400	0.0700	0.0300
=====				

SUBGRUPO 11	SUBGRUPO 12	SUBGRUPO 13	SUBGRUPO 14	SUBGRUPO 15
0.3200	0.3700	0.3900	0.3500	0.3600
0.3400	0.3600	0.3900	0.3600	0.3700
0.3400	0.3500	0.4100	0.3500	0.3400
0.3600	0.3600	0.4000	0.3400	0.3400
0.3500	0.3500	0.3800	0.3300	0.3500
0.3700	0.3600	0.3800	0.3400	0.3700
0.3500	0.3800	0.3700	0.3500	0.3700
0.3400	0.3700	0.3500	0.3400	0.3600

PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:
0.3463	0.3625	0.3837	0.3450	0.3575
RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:
0.0500	0.0300	0.0600	0.0300	0.0300
=====				

SUBGRUPO 16	SUBGRUPO 17	SUBGRUPO 18	SUBGRUPO 19	SUBGRUPO 20
0.3800	0.3800	0.3500	0.3700	0.3300
0.3700	0.3900	0.3300	0.3700	0.3300
0.3700	0.4000	0.3300	0.3600	0.3200
0.3600	0.4000	0.3200	0.3800	0.3300
0.3700	0.3900	0.3400	0.3700	0.3400
0.3800	0.4000	0.3400	0.3500	0.3500
0.3700	0.3800	0.3500	0.3500	0.3400
0.3600	0.3700	0.3500	0.3400	0.3400

PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:
0.3700	0.3887	0.3388	0.3613	0.3350
RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:
0.0200	0.0300	0.0300	0.0400	0.0300
=====				

SUBGRUPO 21	SUBGRUPO 22	SUBGRUPO 23	SUBGRUPO 24
0.3600	0.3500	0.3600	0.3600
0.3700	0.3700	0.3800	0.3500
0.3700	0.3800	0.3800	0.3600
0.3800	0.3800	0.3700	0.3800
0.3600	0.3900	0.3600	0.3700
0.3500	0.4000	0.3600	0.3500
0.3600	0.3800	0.3700	0.3500
0.3400	0.3800	0.3800	0.3400

PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:	PROMEDIO:
0.3613	0.3788	0.3700	0.3575
RANGO:	RANGO:	RANGO:	RANGO:
0.0400	0.0500	0.0200	0.0400
=====			

HISTOGRAMA

VALOR MEDIO	FRECUENCIA	LIMITE DE CLASE (1)	
		INFERIOR	SUPERIOR
0.42	2	0.415	0.425
0.41	4	0.405	0.415
0.4	16	0.395	0.405
0.39	12	0.385	0.395
0.38	27	0.375	0.385
0.37	31	0.365	0.375
0.36	25	0.355	0.365
0.35	37	0.345	0.355
0.34	20	0.335	0.345
0.33	11	0.325	0.335
0.32	5	0.315	0.325
0.31	2	0.305	0.315

(1) CALCULOS LIMITES DE CLASE

$$K = 11.75$$

$$n = 192$$

$$\text{ANCHO DE CLASE} = R/K = (0.42 - 0.31) / 11.75$$

$$\text{ANCHO DE CLASE} = 0.009362 = 0.01$$

$$\text{LIMITES DE CLASE} = \text{MEDIDA OBSERVADA} \pm \frac{\text{ANCHO DE CLASE}}{2}$$

$$\text{LIMITE CLASE 1 SUPERIOR} = 0.42 + 0.5 = 0.425$$

$$\text{LIMITE CLASE 1 INFERIOR} = 0.42 - 0.5 = 0.415$$

LA REPRESENTACION ESTADISTICA DE LOS DATOS DEL HISTOGRAMA SON:

$$\text{MEDIA} = 0.364010$$

$$\text{DESVIACION ESTANDAR} = 0.022768$$

$$\text{VARIANCIA} = 0.000518$$

$$\text{MEDIANA} = 0.37$$

$$\text{MODA} = 0.365$$

RANGO = 0.11

ESPECIFICACIONES : 0.32 A 0.40

LIMITES DE CAPACIDAD DE PROCESO:

$$UPCL = \bar{x} + 3s = 0.364010 + 3(0.022768)$$

$$UPCL = 0.432314$$

$$LPCL = \bar{x} - 3s = 0.364010 - 3(0.022768)$$

$$LPCL = 0.29571$$

PORCENTAJE QUE NO CUMPLE CON ESPECIFICACIONES:

$$USL - \bar{x}$$

$$LSL - \bar{x}$$

DESV. EST.

DESV. EST.

$$0.40 - 0.364010$$

$$0.32 - 0.364010$$

0.022768

0.022768

$$Z = 1.58073$$

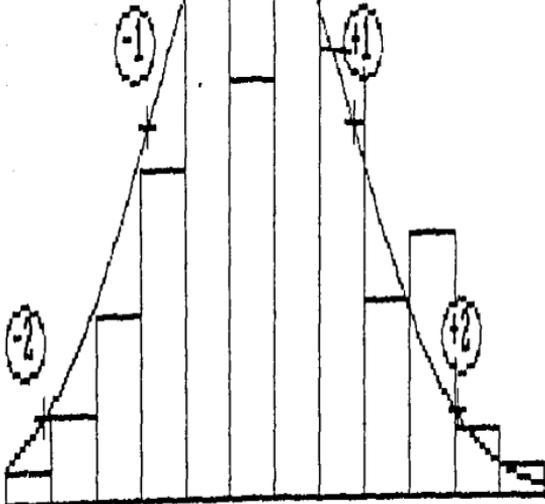
$$AREA = 0.0571$$

$$Z = -1.93298$$

$$AREA = 0.0268$$

AREA FUERA DE ESPECIFICACION: 8.39

2 5 1 2 3 2 3 2 1 1 4 2
 1 0 7 5 1 7 2 6



†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

DATOS TODOS :
 PROMED.: 0.3640
 RANGO: 0.1100
 MAX VALOR: 0.4200
 MIN VALOR: 0.3100
 DES STD: 0.0228

POR SUBGRUPOS:
 RANGO PRO: 0.0467
 MAX RANGO: 0.0900
 MIN RANGO: 0.0200
 MAX PRO: 0.3913
 MIN PRO: 0.3350

ANCHO CELD: 0.01000
 VALOR Z: 1.84

NO. SUBGRUPOS: 24
 SUBGRUPOS DE: 8

NOMBRE: %SO3

Como se puede observar en el histograma, el proceso tiende a la curva normal ya que tiene pequeñas partes en donde se aleja de la normalidad. Así, también se puede observar que la población se concentra más entre el 0.35% y el 0.38% de S_0 lo que indica que un porcentaje muy pequeño sale fuera de especificaciones; se observa que el proceso tiende hacia la izquierda de la curva normal (+3s) y ahí es donde se encuentra el mayor porcentaje fuera de especificación.

Una información muy importante es que a pesar de que el proceso se encuentra ligeramente fuera de especificaciones, se encuentra dentro de los límites de capacidad de proceso por lo que el problema se concentra en centrar el proceso y lograr tener una mayor densidad en la zona media de la distribución.

Toda esta valiosa información nos la proporciona el histograma, como veremos más adelante las demás técnicas estadísticas nos amplían la información del proceso para implantar una mejora y lograr la calidad en el proceso y por ende la del producto en cuestión.

GRAFICAS DE CONTROL.

Las gráficas de control son una técnica estadística la cual muestra en forma dinámica y real los cambios que sufre el proceso. Estas gráficas permiten el estudio de varias muestras de gran tamaño; dicho análisis se da entre y dentro de muestras por lo que la información revelada es de gran interés para ejercer las mejoras necesarias.

El tipo de dato que se utiliza en estas gráficas son tanto de atributos como de variables, pudiendo estos últimos ser discretos o continuos. Cabe mencionar que los datos analizados son generados por el proceso en un determinado periodo de tiempo, el cual se especifica dependiendo del tipo de proceso y de la variable a estudiar.

Es importante mencionar que este tipo de gráficas son aplicables a cualquier proceso y a cualquier característica aunque su distribución no sea del tipo normal. Es necesario hacer hincapié que las distribuciones de los promedios de muestra tomados al azar de una población cualquiera, tiende a ser normal cuando el tamaño de muestra es cuatro o mayor, aunque la población no sea normal. Es decir, que mientras mayor sea una muestra más tendencia a la normalidad tendrá.

Por último se debe de recordar que las gráficas de control suministran una base para la acción, y es efectiva solamente si se actúa a partir de la información que revelan dichas gráficas ya que por sí mismas no pueden originar el cambio hacia una mejor y mayor calidad.

GRAFICAS DE MEDIAS Y RANGOS.

Es la gráfica más utilizada ya que las demás se basan en ésta se utiliza cuando el tamaño de muestra es constante y proceden de la misma fuente de trabajo. En algunas ocasiones se ha utilizado tamaños de muestra variables, lo cual no es conveniente debido al grado de error en el que se puede caer ya que éste es mucho mayor porque se requiere que los límites de control sean variables. Es aplicable tanto a procesos continuos como por lotes y a datos variables ya sean continuos o discretos.

GRAFICAS DE MEDIAS Y DESVIACION ESTANDAR.

Se utiliza cuando el tamaño de muestra estudiado es variable y los datos provienen de la misma o diferente fuente de trabajo. Especialmente se utiliza esta gráfica como una prueba de homogeneidad de la característica de calidad ya que se pueden manejar fuentes de trabajo diferentes. Es aplicable a procesos continuos o por lotes y los datos tienen que ser del tipo variable.

GRAFICA DE MEDIANAS Y RANGOS.

Es exactamente igual a la gráfica de medias y rangos, a diferencia de que la gráfica de medianas y rangos se utiliza cuando el proceso presenta una forma estable de control, ya que este tipo de gráfica evita la necesidad de hacer demasiados cálculos ahorrando tiempo que puede ser utilizado para hacer otros análisis de igual importancia.

GRAFICA DE INDIVIDUOS.

Este tipo de gráfica se usa cuando se cuentan con datos individuales ya sea porque la característica de calidad es relativamente homogénea y no es necesario un estudio más continuo

de la misma, o porque el obtener los datos necesarios resulta costoso ya que las muestras deben ser de tipo destructivo.

Si el proceso esta relativamente bajo control esta gráfica es un buen indicador del curso del mismo. Si se refiere a pruebas de tipo destructivo, este tipo de gráficas no presenta información oportuna debido al espaciamiento entre datos; pero debido a la naturaleza de los mismos esta gráfica resulta ser la mejor que se ajusta a las necesidades.

Es aplicable a cualquier proceso ya sea continuo o por lotes con un debido tiempo de estudio delimitado adecuadamente. Utiliza datos variables ya sean discretos o continuos.

Para ejemplificación practica de las gráficas de control se toman en consideración los mismos datos obtenidos en el estudio del porcentaje de 50 con los cuales se obtuvo el histograma. A continuación se muestran los resultados obtenidos para las gráficas de control, así como los cálculos necesarios para la obtención de los valores estadísticos.

GRAFICA DE MEDIAS Y RANGOS.

A continuación se muestran los cálculos necesarios para la obtención de la gráfica antes mencionada.

$$\begin{aligned}LCSx &= \bar{x} + A_2\bar{R} \\LCSx &= 0.364037 + (0.37)(0.04666) \\LCSx &= 0.3813\end{aligned}$$

$$LCx = \bar{x} = 0.364037$$

$$\begin{aligned}LCIx &= \bar{x} - A_2\bar{R} \\LCIx &= 0.364037 - (0.37)(0.04666) \\LCIx &= 0.3467\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}LCS_R &= D_4\bar{R} \\LCS_R &= (1.86)(0.04666) \\LCS_R &= 0.0868\end{aligned}$$

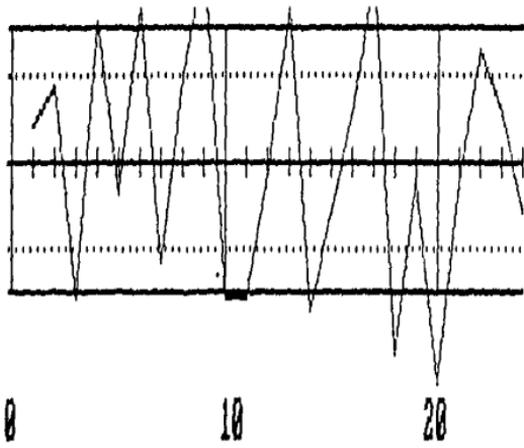
$$LCR = \bar{R} = 0.04666$$

$$\begin{aligned}LCI_R &= D_3\bar{R} \\LCI_R &= (0.14)(0.04666) \\LCI_R &= 0.00653\end{aligned}$$

La gráfica correspondiente se muestra a continuación, en la cual se puede observar la existencia de ciclos, los cuales aparecen a lo largo de la secuencia de datos. Los ciclos existentes en la zona de medias denotan que existen severos problemas entre las muestras obtenidas, pudiendo ser estos debido a la toma errónea de datos, un problema repetitivo en maquinaria o defectos en proceso.

Aunado a los ciclos encontramos puntos fuera de los límites de control tanto superiores como inferiores. A pesar de que en el histograma se encuentra un pequeño porcentaje fuera de especificaciones, la gráfica demuestra que el proceso tiende a bajar cada vez más la calidad.

En la zona de rangos, es decir, el análisis dentro de las muestras se presenta mejoría ya que los puntos están más distribuidos al azar, aunque existen puntos fuera de control la situación no se presenta tan crítica como entre muestras. Esto denota que el tiempo es un factor importante para determinar la causa del problema. Con esta información se debe de observar más detalladamente el proceso teniendo en cuenta el tiempo en el que se tomaron las medidas para llegar a la causa real del problema.



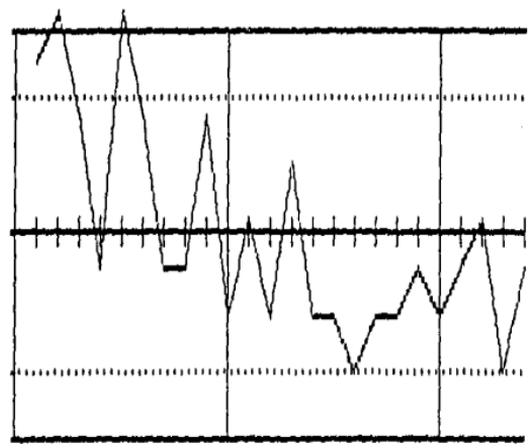
UCL = 0.3813

CL = 0.3640

LCL = 0.3467

0.3912
 PROM. MENOR :
 0.3350

RANGOS
 RANGO MAYOR :
 0.0900
 RANGO MENOR :
 0.0200



UCL = 0.0868

CL = 0.0467

LCL = 0.0065

NO. SUBGRUPOS:
 24
 SUBGRUPOS DE :
 8

NOMBRE:
 1503

FUERA DE CONT.

GRAFICA DE MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR.

$$LCSx = \bar{X} + A_1 \bar{s}$$

$$LCSx = 0.364037 + (1.17)(0.01574)$$

$$LCSx = 0.3825$$

$$LCSs = B_4 \bar{s}$$

$$LCSs = (1.81)(0.01574)$$

$$LCSs = 0.02848$$

$$LC = \bar{X} = 0.364037$$

$$LC = \bar{s} = 0.01574$$

$$LCIx = \bar{X} - A_1 \bar{s}$$

$$LCIx = 0.364037 - (1.17)(0.01574)$$

$$LCIx = 0.34563$$

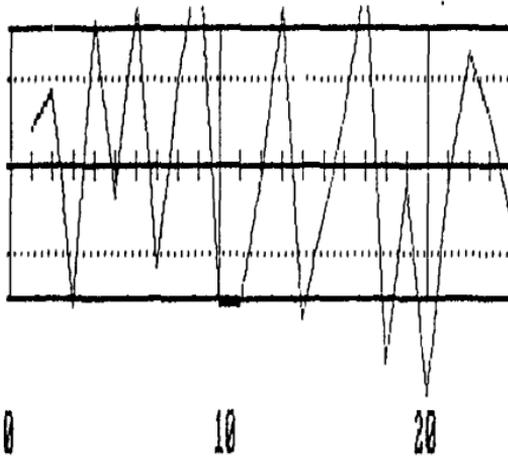
$$LCIs = B_3 \bar{s}$$

$$LCIs = (0.19)(0.01574)$$

$$LCIs = 0.002990$$

En la representación gráfica, la cual se muestra a continuación, al igual que en la gráfica de medias y rangos se observan ciclos y puntos fuera de los límites de control. Asimismo se observa que en la zona de medias existe mayor número de anomalías que en la zona de desviaciones estándar.

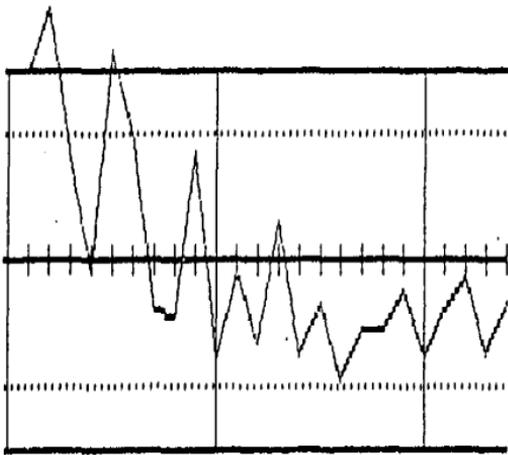
Cabe mencionar que para efectos de ejemplificar este tipo de gráficas se utilizaron los mismos datos que para X-R, pero se utilizan principalmente muestras de tamaño variable y/o de fuentes de procedencia diferentes. Esto no quiere decir que no se puede utilizar como se llevó a cabo en este apartado, sino que su principal objetivo es el mencionado anteriormente.



UCL = 0.3813
 CL = 0.3640
 LCL = 0.3467

0.3913
 PROM. MENOR :
 0.3350

DESVIACION ST
 MAX. DES. STD:
 0.0329
 MIN. DES. STD:
 0.0076



UCL = 0.0285
 CL = 0.0157
 LCL = 0.0030

NO. SUBGRUPOS:
 24
 SUBGRUPOS DE :
 8

NOMBRE:
 7503

FUERA DE CONT.

GRAFICAS DE CONTROL DE MEDIANAS Y RANGOS.

$$LCSM = \bar{M} + A_1 \bar{R}$$

$$LCSM = 0.366041 + (0.37)(0.04666)$$

$$LCSM = 0.3833$$

$$LCSR = B_4 \bar{R}$$

$$LCSR = (1.86)(0.04666)$$

$$LCSR = 0.0868$$

$$LCM = \bar{M} = 0.366041$$

$$LCR = \bar{R} = 0.04666$$

$$LCIM = \bar{M} - A_1 \bar{R}$$

$$LCIM = 0.366041 - (0.37)(0.04666)$$

$$LCIM = 0.3488$$

$$LCIR = B_3 \bar{R}$$

$$LCIR = (0.14)(0.04666)$$

$$LCIR = 0.00653$$

Como se puede observar los valores de límites de control y línea central de esta gráfica varían muy poco de los obtenidos para la gráfica de medias y rangos. La gráfica correspondiente es muy similar a la presentada X-R, aunque se puede observar que debido al pequeño incremento y decremento de los límites de control con respecto a la media podríamos tener los puntos fuera de los límites de control más cercanos a los mismos. El análisis de los datos es igual al presentado en la gráfica de medias y rangos.

GRAFICA DE CONTROL DE INDIVIDUOS.

Para ejemplificar este tipo de gráficas se tomó una medida de porcentaje de SO en cada turno, con horarios iguales en el período de ocho días. Estos datos fueron obtenidos después de haber realizado los ajustes necesarios en la maquinaria, ya que ésta presentaba problemas en operación.

Los datos se muestran a continuación junto con los cálculos para la obtención de los límites de control. En la gráfica presentada se observa que todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control y están distribuidos al azar. Como ya se mencionó anteriormente esta gráfica no revela una información tan verídica como las anteriores, pero para el objetivo de este ejemplo es práctico. Cabe mencionar que se hicieron

ajustes tanto a la balanza como al mezclador ya que ahí se localizaron las principales causas de la variación del porcentaje de SO_3 , por lo que se observó mejoría en el proceso.

LECTURA	RANGO	LECTURA	RANGO
0.3500			0.0400
	0.0500	0.4000	
0.4000			0.0600
	0.0300	0.3400	
0.3700			0.0000
	0.0300	0.3400	
0.4000			0.0200
	0.0300	0.3600	
0.3700			0.0400
	0.0100	0.4000	
0.3800			0.0800
	0.0300	0.3200	
0.3500			0.0600
	0.0300	0.3800	
0.3800			0.0500
	0.0400	0.3300	
0.4200			0.0500
	0.0700	0.3800	
0.3500			0.0000
	0.0100	0.3800	
0.3600			0.0100
	0.0000	0.3700	
0.3600			0.0100
		0.3800	

$$\bar{X} = 0.3696$$

$$R = 0.0326$$

$$LCS = \bar{X} + E_4 \bar{R}$$

$$LCS = 0.3696 + (2.66)(0.0326)$$

$$LCS = 0.45632$$

$$LC = \bar{X} = 0.3696$$

$$LCI = \bar{X} - E_4 \bar{R}$$

$$LCI = 0.3696 - (2.66)(0.0326)$$

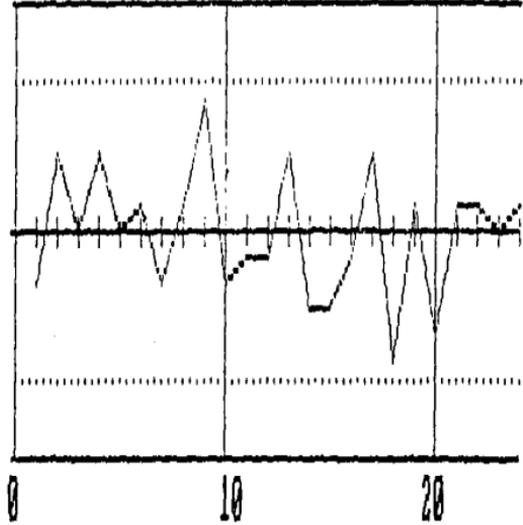
$$LCI = 0.28284$$

AVERAGE CHART
LARGEST AVG:
0.4200
SMALLEST AVG:
0.3200

UCL = 0.4563

CL = 0.3696

LCL = 0.2829



NO. AVERAGES:
24
VALUES/AVERAGE:
1

FILE NAME:
7503TURNO

ALL IN CONTROL

GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.

Las gráficas por atributos, como su nombre lo indica, se aplica a datos del tipo de atributos. Existen cuatro gráficas las cuales son aplicables a cualquier tipo de proceso, ya sea continuo o por lotes, especificando como es debido un periodo de tiempo razonable para la obtención de datos. Una característica muy importante de estas gráficas es que se pueden estudiar varias causas o características de calidad en una sola gráfica. A continuación se mencionarán algunas características de cada una de las gráficas y posteriormente se llevará a cabo el ejemplo práctico correspondiente.

FRACCION DEFECTUOSA (p).

Es la gráfica por atributos más utilizada debido a su simplicidad en la elaboración y análisis. La fracción defectuosa es la relación entre la cantidad de unidades defectuosas encontradas en una inspección y la cantidad total de unidades inspeccionadas. El tamaño de muestra es variable y se aplica a cualquier proceso de datos por atributos. Para el cálculo de los límites de control se utiliza la fracción defectuosa, pero para la construcción de la gráfica se recomienda usar el porcentaje defectuoso.

Gráfica NP.- es la gráfica de la fracción defectuosa para muestras de tamaño constante, el cual representa la cantidad real de artículos defectuosos. Al igual que el gráfico "p", se aplica a cualquier proceso con datos por atributos y a una o varias características de calidad a la vez.

GRAFICAS DE DEFECTOS (C).

Se aplica al número de defectos que se producen en muestras de tamaño constante. Es aplicable a cualquier proceso con datos por atributos y a cualquier tipo de defectos.

En caso de que el número de oportunidad de recurrencia en los subgrupos no fuera el mismo, y si se representara el número de defectos en cada subgrupo, la línea central y los límites de control variarían de un subgrupo a otro. Para evitar esto se creó la gráfica "u"; donde u es la relación existente entre el número de defectos y el número de unidades inspeccionadas en cada subgrupo. Así se obtienen los límites de control para cada punto y se logra la variación dependiente del número de unidades por subgrupo.

Para la aplicación de las gráficas de control por atributos se decide estudiar las causas que provocan deficiencia en la calidad como son: aereación, claridad, sabor, color y textura; todas ellas medidas por un patrón pasa-no pasa.

El primer estudio que se realizó fue el conocer cuántas unidades defectuosas existían por turno, para la cual se utilizó la gráfica de fracción defectuosa para muestras de tamaño constante; cada turno debía de analizar 24 muestras de pasta dental. Los datos obtenidos son los siguientes:

DIA	TURNO	No. UNIDADES DEFECTUOSAS	DIA	TURNO	No. UNIDADES DEFECTUOSAS
4	1	4	8	1	7
	2	3		2	5
	3	7		3	8
5	1	5	9	1	5
	2	2		2	3
	3	4		3	4
6	1	3	10	1	4
	2	1		2	5
	3	5		3	3
7	1	7	11	1	7
	2	6		2	4
	3	9		3	5

NP = TOTAL UNIDADES DEFECTUOSAS/TAMANO DE SUBGRUPO

$$NP = 116 / 24 = 4.8333$$

$$LCS = NP + 3 (NP (1 - NP/N))^{0.5}$$

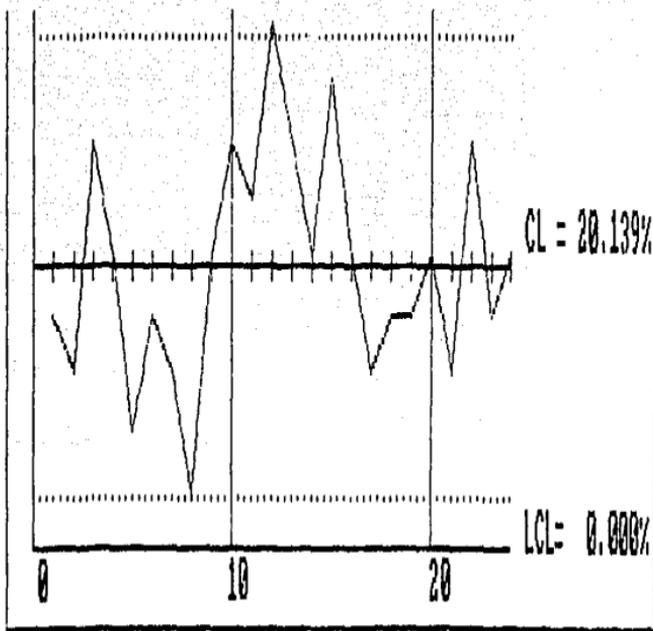
$$LCS = 4.8333 + 3 (4.8333(1 - 4.8333/24))^{0.5}$$

$$LCS = 10.7273$$

$$LC = 116 / 576 = 0.20139 * 199 = 20.139$$

$$LCI = NP - 3 (NP (1 - NP/N))^{0.5}$$

$$LCI = 0.00$$



NOMB: FRACDEF

MUESTRAS DE: 24
 NUM. MUEST.: 24

DATOS MUEST:

% PROMEDIO
 DEFECTIVOS: 20.14

PORCENT. MAYOR
 DEFECTIVOS: 37.50

PORCENT. MENOR
 DEFECTIVOS: 4.17

EN CONTROL

NO. O.F.C. MUESTRA: 0

La gráfica de control presentada muestra que el proceso en cuanto número de unidades defectuosas queda dentro de control, solamente dos datos tocan los límites de control pero ninguno excede al número límite de unidades defectuosas en la inspección.

Un segundo estudio realizado fue el saber cuantas muestras tenían problemas con el sabor por lo que se procedió a analizar una muestra por lote producido por día y por turno. Para estos efectos se obtuvieron los siguientes datos y se utilizó la gráfica "p":

En la gráfica presentada a continuación se observa que la característica estudiada de sabor no es una causa fuerte de la deficiencia de la calidad ya que los datos obtenidos se encuentran bajo control, además de que la mayoría de los puntos se encuentran cerca de la línea central lo que es un buen indicio de un buen control ya que los puntos se encuentran realmente distribuidos al azar.

DATOS Y CALCULOS GRAFICA "P"

DIA	NUMERO MUESTRAS	UNIDADES DEFECTUOSA	FRACCION DEFECT.	FORMULA	LCS	LCI
4	7	3	0.4286	0.4955	0.7526	-0.2384
	8	2	0.2500	0.4635	0.7206	-0.2064
	10	4	0.4000	0.4146	0.6717	-0.1575
5	8	3	0.3750	0.4635	0.7206	-0.2064
	8	2	0.2500	0.4635	0.7206	-0.2064
	9	2	0.2222	0.4370	0.6941	-0.1799
6	9	3	0.3333	0.4370	0.6941	-0.1799
	10	2	0.2000	0.4146	0.6717	-0.1575
	9	2	0.2222	0.4370	0.6941	-0.1799
7	8	4	0.5000	0.4635	0.7206	-0.2064
	7	2	0.2857	0.4955	0.7526	-0.2384
	9	1	0.1111	0.4370	0.6941	-0.1799
8	9	2	0.2222	0.4370	0.6941	-0.1799
	8	1	0.1250	0.4635	0.7206	-0.2064
	11	3	0.2727	0.3955	0.6524	-0.1382
9	8	2	0.2500	0.4635	0.7206	-0.2064
	8	3	0.3750	0.4635	0.7206	-0.2064
	9	2	0.2222	0.4370	0.6941	-0.1799
10	9	1	0.1111	0.4370	0.6941	-0.1799
	10	2	0.2000	0.4146	0.6717	-0.1575
	10	2	0.2000	0.4146	0.6717	-0.1575
11	8	2	0.2500	0.4635	0.7206	-0.2064
	7	1	0.1429	0.4955	0.7526	-0.2384
	11	3	0.2727	0.3953	0.6524	-0.1382

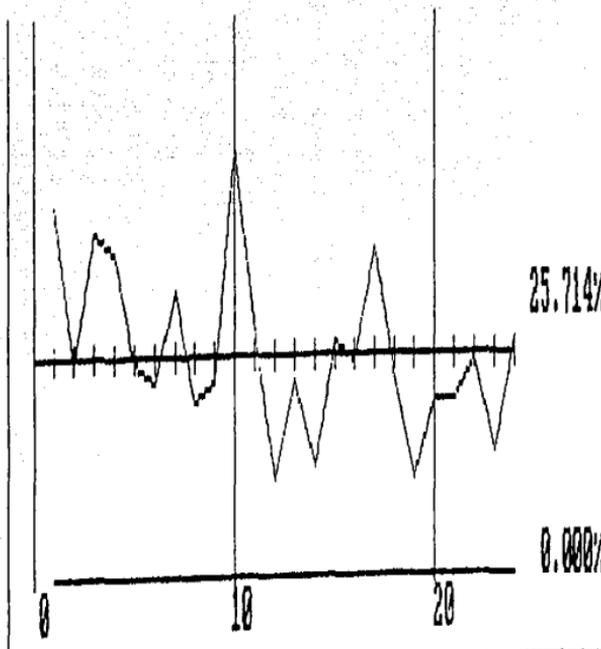
$$P = \text{TOTAL U. DEFECTUOSAS} / \text{TOTAL MUESTRAS}$$

$$P = 54 / 210 = 0.25714$$

$$LCS = P + 3 (P(1-P) / (N)) \quad 0.5$$

$$LC = P = 0.25714$$

$$LCI = P - 3(P (1-P)/(N)) \quad 0.5$$



NOMB: %DEFUAR

NUM. DE MUEST.: 24

25.714%

MUESTRA MAYOR
NO. DE ITEMS: 11

MUESTRA MENOR
NO. DE ITEMS: 7

0.000%

PORCENT DEFECTIVOS:

NO. O.F.C. MUESTRA: 0

PROMED. %: 25.714%
MAYOR %: 50.000%
MENOR %: 11.111%

EN CONTROL

Para obtener un record del número de defectos por unidad, se analizaron dos muestras por día. Para tal efecto se utilizó la gráfica "c"; los datos obtenidos, los cálculos requeridos y la gráfica correspondiente se muestran a continuación.

En la gráfica presentada se observa que el proceso en cuanto al número de defectos por unidad se encuentra dentro de control estadístico por lo que no se presenta problema alguno con las características por atributos mencionadas anteriormente.

Para ejemplificar la gráfica "u" se hace el mismo estudio anterior pero tomando una muestra por lote fabricado. Los datos y los cálculos requeridos se presentan a continuación así como la gráfica en cuestión.

DATOS Y CALCULOS GRAFICA "C"

DIA	No. DE MUESTRAS	No. DE DEFECTOS
4	2	4
5	2	3
6	2	6
7	2	5
8	2	7
9	2	3
10	2	8
11	2	5

$C = \text{TOTAL DE DEFECTOS} / \text{CANTIDAD DE MUESTRAS}$

$$C = 41 / 8 = 5.125$$

$$LCS = C + 3((C)^{0.5})$$

$$LCS = 5.125 + 3((5.125)^{0.5})$$

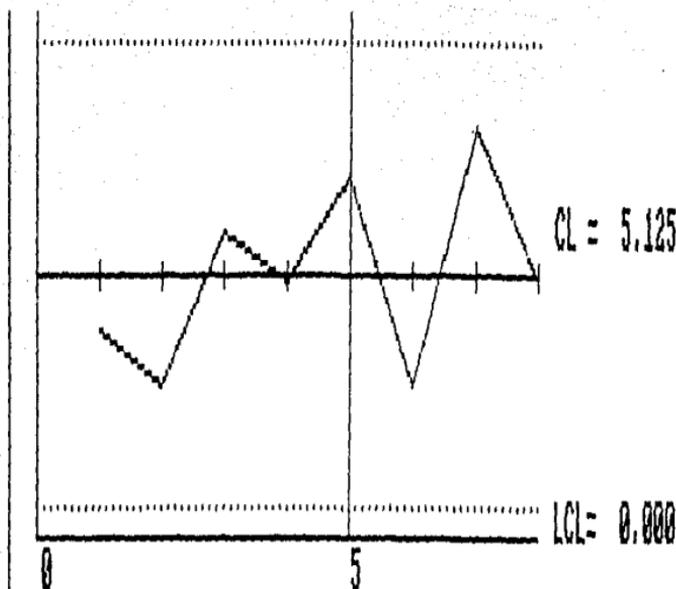
$$LCS = 11.9165$$

$$LC = C = 5.125$$

$$LCI = C - 3((C)^{0.5})$$

$$LCI = 5.125 - 3((5.125)^{0.5})$$

$$LCI = -1.6664 = 0.0$$



NOMB: DEFECTOS

NO. MUESTRA: 8

CONT. DEFECTO
EN LA MUESTRA:

PROMEDIO DE
DEFECTOS: 5.125

NUM. MAYOR DE
DEFECTOS: 8.000

NUM. MENOR DE
DEFECTOS: 3.000

NO. O.F.C. MUESTRA: 0

EN CONTROL

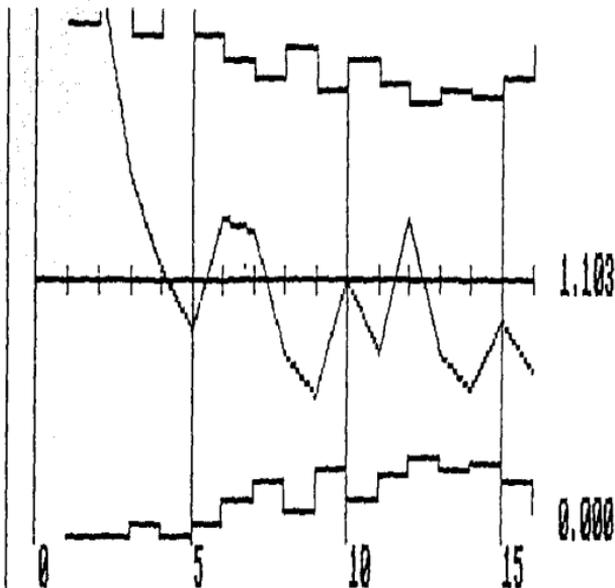
DATOS Y CALCULOS GRAFICA "U"

DIA	NUMERO DE MUESTRAS	NUMERO DE DEFECTOS	U = C/N	$3(U/N)^{0.5}$	LCS	LCI
4	8	21	2.6250	1.1141	2.2174	0.0000
	7	17	2.4282	1.1910	2.2943	0.0000
5	9	14	1.5560	1.0504	2.1537	0.0500
	6	7	1.1670	1.2864	2.3897	0.0000
6	9	8	0.8890	1.0504	2.1537	0.0500
	11	15	1.3636	0.9501	2.0534	0.1531
7	13	17	1.3077	0.8740	1.9773	0.2200
	10	8	0.8000	0.9965	2.0998	0.1086
8	15	9	0.6000	0.8136	1.9169	0.2897
	11	12	1.0910	0.9501	2.0534	0.1532
9	14	11	0.7857	0.9422	1.9455	0.2611
	17	23	1.3529	0.7643	1.8676	0.3390
10	15	12	0.8000	0.8136	1.9169	0.2897
	16	10	0.6250	0.7878	1.8911	0.3155
11	13	12	0.9231	0.8740	1.9773	0.2297
	10	7	0.7000	0.9965	2.0998	0.1086

$$LCS = U + 3(U/N)^{0.5}$$

$$LC = U = 203 / 184 = 1.103$$

$$LCI = U - 3(U/N)^{0.5}$$



NOMB: QDMUAR

NUM. MUESTRAS: 16

MUESTRA MAYOR:
NO. UNIDADES: 17.00

MUESTRA MENOR:
NO. UNIDADES: 6.00

CONTEO DE DEFECTOS

PROMED.: 1.103
MAYOR: 23.000
MENOR: 7.000

FUERA DE CONT.

NO. DE O.F.C. MUESTRA: 2 O.F.C. MUESTRA:
2: 2.429 1: 2.625

En la gráfica correspondiente se observa que en un principio el proceso se encontraba fuera de control pero posteriormente entró a control ya que todos los puntos se encuentran distribuidos al azar y ninguno sale fuera de los límites de control.

De esta manera se presentaron las características y ejemplo prácticos de las gráficas de control tanto de variables como de atributos.

CAPACIDAD DE PROCESO.

Es una técnica para determinar la relación entre las especificaciones de un producto y su proceso. También se utiliza para evaluar la eficiencia del proceso, determinar nuevas tolerancias y para la revisión de límites entre otras aplicaciones.

Se aplica a proceso bajo control estadístico y que su distribución se asemeje a la normal. Son tres puntos importantes a verificar: (1) capacidad de proceso (2) comparación con tolerancias y (3) centrado del proceso. Para llevar a cabo el ejemplo práctico se toman los datos de la gráfica de control de medias y rangos.

índice CP = distribución permitida / distribución real

índice CP = (0.42 - 0.32) / (6 * 0.0228)

índice CP = 0.73

Como se pueda observar en la gráfica que a continuación se presenta la distribución real sobrepasa a la distribución permitida, lo cual quiere decir que el proceso se encuentra ligeramente fuera de los límites de especificaciones.

Para obtener el centrado del proceso:

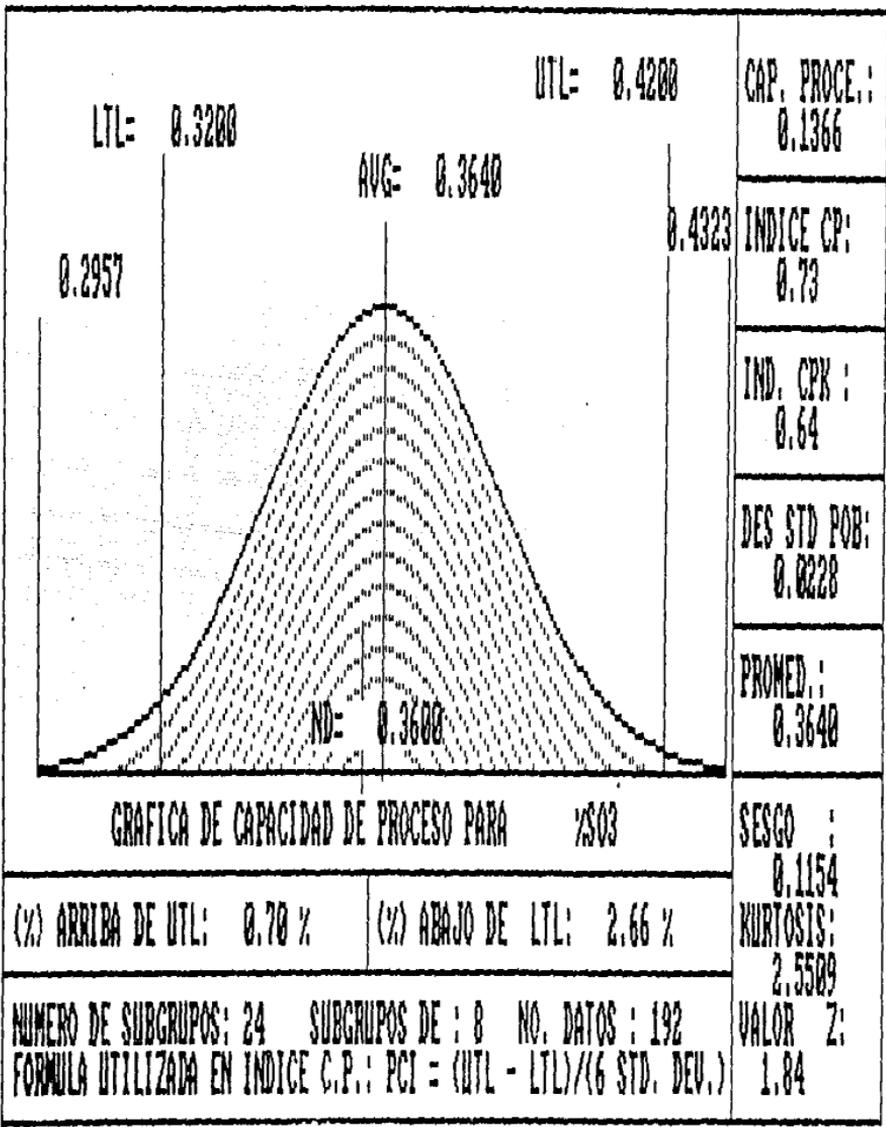
$$Z1 = \text{LSE} - \bar{X} / s = (0.42 - 0.3640) / 0.0228 = 2.4561$$

$$Z2 = \bar{X} - \text{LIE} / s = (0.3640 - 0.32) / 0.0228 = 1.9298$$

$$\text{Cpk} = Z_{\min} / 3 = 1.9298 / 3 = 0.6432$$

Como se puede observar Cpk es diferente a Cp por lo que el proceso no está centrado entre los límites de especificación.

Así se da por terminada la ejemplificación de las técnicas estadísticas básicas para el control de procesos.



CAP. PROCE.:
0.1366

INDICE CP:
0.73

IND. CPK:
0.64

DES STD POR:
0.0228

PROMED.:
0.3640

SESGO:
0.1154

KURTOSIS:
2.5509

VALOR Z:
1.84

(%) ARRIBA DE UTL: 0.70 %

(%) ABAJO DE LTL: 2.66 %

NUMERO DE SUBGRUPOS: 24 SUBGRUPOS DE : 8 NO. DATOS : 192

FORMULA UTILIZADA EN INDICE C.P.: $PCI = (UTL - LTL) / (6 \text{ STD. DEV.})$

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

Como conclusión del trabajo presentado podemos decir que el control de proceso son un conjunto de técnicas las cuales son de gran utilidad para todas las empresas y con las cuales se puede implementar e incrementar la calidad del proceso y por lo tanto del producto.

Hablamos de calidad de producto cuando éste cumple con los requerimientos del cliente para satisfacer así sus necesidades. Para muchas empresas lo más importante es el producto, pues es éste el que los mantiene en el mercado competitivamente. Pero hay que tener en cuenta que es igual de importante tener calidad durante el proceso, ya que es aquí en donde realmente se puede lograr competitividad debido a que se puede lograr mayor y mejor producción a menor costo; siendo éste reducido por disminución en reprocesos, menor tiempo muerto y menor mano de obra.

Hay que tener en cuenta que el Control Estadístico se aplica a todo tipo de procesos, ya sean industriales o administrativos y que en todos ellos se puede obtener información suficiente para alcanzar la calidad. Algunos estadígrafos han asegurado que la manera más segura y menos costosa de alcanzar la calidad es haciendo uso del control estadístico, ya que éste proporciona una base para identificar áreas problema y tomar decisiones efectivas. Asimismo el Control Estadístico identifica las causas problema, nos muestra un cambio o corrección del mismo, así como nos permite dar seguimiento al proceso que ya se encuentra bajo control. Cabe hacer mención que el Control Estadístico no es solamente tomar datos, sino lo más importante es hacer el análisis

correspondiente, ya que éste es el que nos proporciona mayor información y nos permite hacer mejoras.

Como el Control Estadístico es una base importante para la implantación de la calidad desde el proceso; éste se debe de impartir al personal involucrado con el proceso. Es por esto que el presentado en este trabajo maneja lógica estadística y no conceptos abstractos y difíciles de entender. Es importante mencionar que un estudio más profundo sobre el tema debe hacerse a niveles más elevados para una mejor y mayor aplicación del mismo.

Hay que tener en cuenta que la calidad no se logra por sí sola, sino que se requiere una constancia en la implantación del sistema adecuado y que además se requiere de mucho trabajo y esfuerzo. Un punto muy importante es el que los directivos y altos niveles de la empresa estén realmente convencidos de que el sistema de calidad total es una herramienta muy útil e importante y que den el apoyo necesario para la implantación del mismo a todos los niveles de la empresa; ya que en toda la empresa se debe de hablar un solo lenguaje y este es el de CALIDAD, el de hacer las cosas bien a la primera y sumar esfuerzos hacia la mejora continua.

Con esto se da por terminada la exposición del tema de este trabajo y se ve cumplido el objetivo de enseñar las bases del control estadístico y dar una pequeña introducción de lo que es el gran mundo de la calidad en el cual todos, como hombres y como empresa, debemos permanecer y aprender su lenguaje para poder siempre tener competitividad en el mercado. Hay que recordar que la industria mexicana esta en un proceso de transformación hacia el logro de la Calidad Total y la mejora continua. Es por esto que

es importante conocer las bases de lo que es el Control de Calidad Total y el Control Estadístico de Procesos.

APENDICE

TABLAS Y GRAFICAS

TABLA "A"

Áreas Bajo la Curva Normal

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0754
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2258	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2518	.2549
0.7	.2580	.2612	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2996	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
0.9	.3159	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3829
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4708
1.9	.4715	.4719	.4725	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4988	.4989	.4989	.4990	.4990
3.1	.4990	.4991	.4991	.4991	.4992	.4992	.4992	.4992	.4993	.4993
3.2	.4993	.4993	.4994	.4994	.4994	.4994	.4994	.4995	.4995	.4995
3.3	.4995	.4995	.4995	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4996	.4997
3.4	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4997	.4998
3.5	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998	.4998
3.6	.4998	.4998	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.7	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.8	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999	.4999
3.9	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000	.5000

TABLA "B"

Factores para Determinar los Limites de
Control 3-Sigma de las Graficas X-R
a partir de \bar{R}

Número de observaciones	Factor para el gráfico \bar{X}	Factores para el gráfico R	
		Limite control inf.	Limite control sup
n	A ₂	D ₃	D ₄
2	1.68	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.36	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

Limite de control superior para $\bar{X} = UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$

Limite de control inferior para $\bar{X} = LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$

TABLA "C"

Factores para Determinar los Limites de Control 3-Sigma de las Graficas X-S a partir de \bar{X} .

Número de observaciones en el subgrupo n	Factor para el gráfico \bar{X} A_1	Factores para el gráfico s	
		Lim de control inf B_3	Lim de control sup B_4
2	3.76	0	3.27
3	2.98	0	2.57
4	1.98	0	2.27
5	1.60	0	2.09
6	1.41	0.03	1.97
7	1.28	0.12	1.88
8	1.17	0.19	1.81
9	1.09	0.24	1.76
10	1.03	0.28	1.72
11	0.97	0.32	1.68
12	0.93	0.35	1.65
13	0.88	0.38	1.62
14	0.85	0.41	1.59
15	0.82	0.43	1.57
16	0.79	0.45	1.55
17	0.76	0.47	1.53
18	0.74	0.48	1.52
19	0.72	0.50	1.50
20	0.70	0.51	1.49
21	0.68	0.52	1.48
22	0.66	0.53	1.47
23	0.65	0.54	1.46
24	0.63	0.55	1.45
25	0.62	0.56	1.44
30	0.56	0.60	1.40
35	0.52	0.63	1.37
40	0.48	0.66	1.34
45	0.45	0.68	1.32
50	0.43	0.70	1.30
55	0.41	0.71	1.29
60	0.39	0.72	1.28
65	0.38	0.73	1.27
70	0.36	0.74	1.26
75	0.35	0.75	1.25
80	0.34	0.76	1.24
85	0.33	0.77	1.23
90	0.32	0.77	1.23
95	0.31	0.78	1.22
100	0.30	0.79	1.21

Límite de control superior para $\bar{X} = UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_1 s$

Límite de control inferior para $\bar{X} = LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_1 s$

TABLA "D"

**Factores para Determinar Los Limites 3-Sigma
de Gráficas de Control de Individuos.**

N	E₂
2	2.660
3	1.772
4	1.457
5	1.290
6	1.184
7	1.109
8	1.054
9	1.010
10	0.975

TABLA "E"

Limites de Control 3-Sigma para las Graficas de
Porcentaje Defectuoso (LCI)

Porcentaje defectuoso especificado (100%)	Tamaño del subgrupo																	
	Límite de control inferior																	
	100	150	200	300	400	500	600	800	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000	10,000	20,000	50,000	100,000
0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.07
0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.11	0.14
0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.10	0.13	0.21	0.27	0.32	0.34
0.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.18	0.23	0.27	0.37	0.44	0.50
0.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.20	0.31	0.38	0.42	0.53	0.61	0.68	0.73
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.23	0.33	0.46	0.53	0.58	0.70	0.79	0.87	0.91
1.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.17	0.36	0.47	0.60	0.68	0.74	0.87	0.97	1.05	1.10
1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.15	0.29	0.49	0.61	0.76	0.84	0.90	1.05	1.15	1.24	1.29
1.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.27	0.41	0.61	0.76	0.91	1.00	1.07	1.22	1.33	1.43	1.48
1.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.17	0.39	0.54	0.77	0.91	1.07	1.17	1.24	1.40	1.52	1.62	1.67
2.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.29	0.52	0.67	0.92	1.06	1.23	1.34	1.41	1.58	1.70	1.81	1.87
2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.41	0.59	0.84	1.02	1.29	1.45	1.64	1.76	1.81	2.03	2.17	2.29	2.35
3.0	0.00	0.00	0.00	0.05	0.44	0.71	0.91	1.19	1.38	1.68	1.86	2.07	2.19	2.28	2.49	2.64	2.77	2.84
3.5	0.00	0.00	0.00	0.22	0.74	1.03	1.25	1.55	1.70	2.08	2.27	2.49	2.63	2.72	2.95	3.11	3.23	3.33
4.0	0.00	0.00	0.00	0.61	1.06	1.37	1.60	1.92	2.14	2.48	2.69	2.93	3.07	3.17	3.41	3.58	3.74	3.81
5	0.00	0.00	0.38	1.23	1.73	2.08	2.33	2.69	2.93	3.31	3.54	3.81	3.97	4.08	4.35	4.54	4.71	4.79
6	0.00	0.18	0.96	1.89	2.44	2.81	3.09	3.48	3.75	4.16	4.41	4.70	4.87	4.99	5.29	5.50	5.68	5.77
7	0.00	0.75	1.59	2.58	3.17	3.58	3.88	4.29	4.58	5.02	5.29	5.60	5.79	5.92	6.23	6.40	6.66	6.76
8	0.00	1.35	2.25	3.30	3.93	4.36	4.68	5.12	5.43	5.90	6.18	6.51	6.71	6.85	7.19	7.42	7.64	7.74
9	0.41	1.99	2.93	4.04	4.71	5.16	5.50	5.96	6.29	6.78	7.08	7.43	7.64	7.79	8.14	8.39	8.67	8.73
10	1.00	2.63	3.64	4.80	5.50	5.98	6.33	6.82	7.15	7.68	7.99	8.36	8.58	8.73	9.10	9.36	9.60	9.72
12	2.25	4.04	5.11	6.37	7.13	7.64	8.02	8.55	8.92	9.48	9.82	10.22	10.46	10.62	11.03	11.31	11.56	11.69
14	3.59	5.50	6.64	7.99	8.90	9.34	9.75	10.32	10.71	11.31	11.67	12.10	12.35	12.53	12.96	13.20	13.53	13.67
16	5.00	7.02	8.22	9.65	10.50	11.08	11.51	12.11	12.52	13.16	13.54	13.99	14.26	14.44	14.90	15.22	15.51	15.63
18	6.47	8.59	9.85	11.35	12.24	12.85	13.29	13.93	14.36	15.03	15.42	15.90	16.18	16.37	16.85	17.19	17.48	17.64
20	8.00	10.20	11.51	13.07	14.00	14.63	15.10	15.76	16.21	16.90	17.32	17.81	18.10	18.30	18.80	19.15	19.46	19.62
25	12.01	14.39	15.81	17.50	18.50	19.19	19.70	20.41	20.89	21.65	22.10	22.63	22.95	23.16	23.70	24.08	24.42	24.59
30	16.25	18.78	20.28	22.06	23.13	23.85	24.39	25.14	25.65	26.45	26.85	27.49	27.83	28.06	28.65	29.03	29.39	29.57
35	20.69	23.32	24.88	26.74	27.85	28.60	29.16	29.94	30.46	31.30	31.80	32.39	32.74	32.98	33.67	33.99	34.36	34.55
40	25.30	28.00	29.61	31.51	32.65	33.43	34.00	34.80	35.35	36.21	36.71	37.32	37.68	37.92	38.63	38.90	39.34	39.54

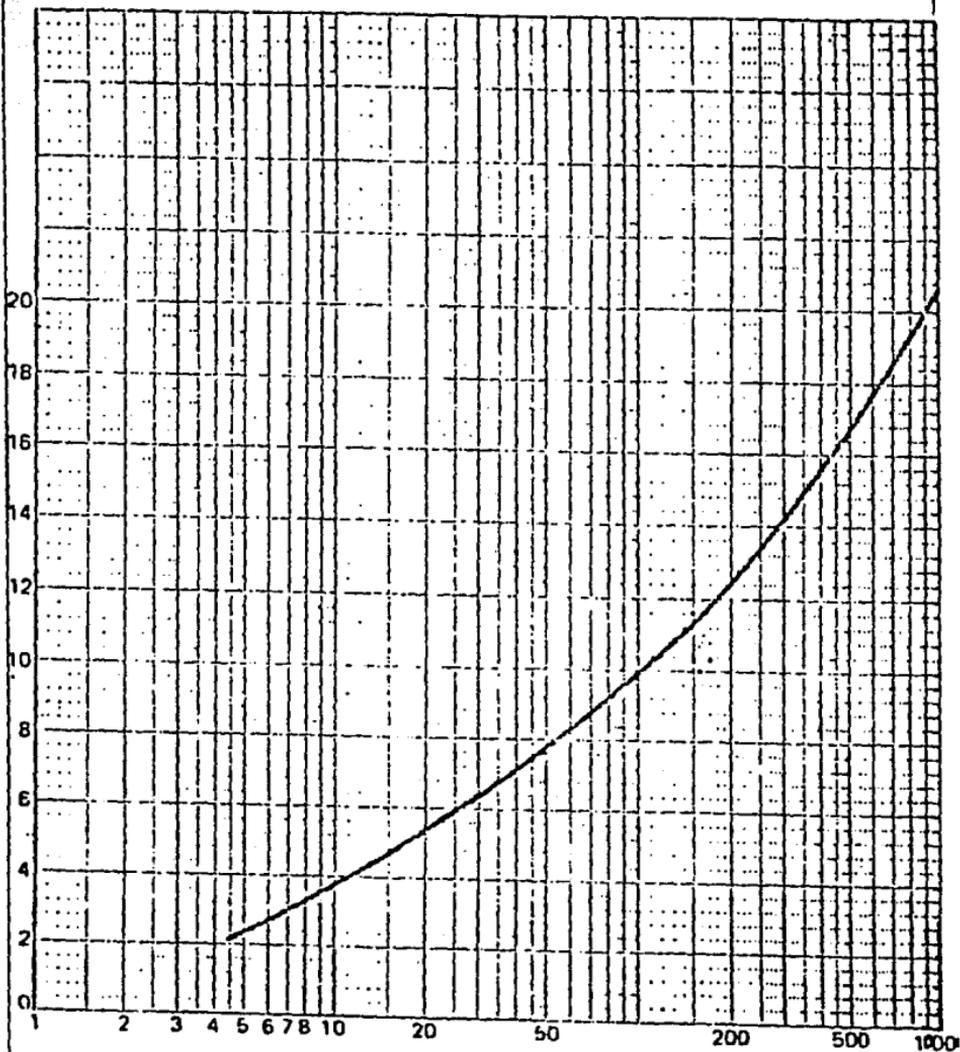
TABLA "E" cont.

Limites de Control 3-Sigma para las Graficas de
Porcentaje Defectuoso (LCS)

Porcentaje defectuoso especificado (100p)	Límite de control superior																	
	Tamaño del subgrupo																	
	100	150	200	300	400	500	600	800	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000	10,000	20,000	50,000	100,000
0.1	1.05	0.87	0.77	0.65	0.57	0.52	0.49	0.44	0.40	0.34	0.31	0.27	0.25	0.23	0.19	0.17	0.14	0.13
0.2	1.84	1.39	1.15	0.97	0.87	0.80	0.75	0.67	0.61	0.53	0.50	0.44	0.41	0.39	0.33	0.29	0.26	0.24
0.4	2.29	1.93	1.74	1.49	1.35	1.25	1.17	1.07	1.00	0.89	0.82	0.75	0.70	0.67	0.59	0.53	0.48	0.46
0.6	2.92	2.49	2.24	1.94	1.76	1.64	1.55	1.42	1.33	1.20	1.12	1.02	0.97	0.93	0.83	0.76	0.70	0.67
0.8	3.47	2.98	2.69	2.34	2.14	2.00	1.89	1.74	1.65	1.49	1.40	1.29	1.22	1.18	1.07	0.99	0.92	0.88
1.0	3.98	3.44	3.11	2.72	2.49	2.33	2.22	2.06	1.94	1.77	1.67	1.54	1.47	1.43	1.30	1.21	1.18	1.09
1.2	4.47	3.87	3.51	3.09	2.83	2.66	2.53	2.35	2.23	2.04	1.93	1.80	1.72	1.66	1.53	1.43	1.38	1.30
1.4	4.92	4.28	3.89	3.43	3.16	2.98	2.84	2.65	2.51	2.31	2.19	2.04	1.96	1.90	1.75	1.65	1.58	1.51
1.6	5.35	4.67	4.26	3.77	3.48	3.28	3.14	2.93	2.79	2.57	2.44	2.29	2.20	2.13	1.98	1.87	1.77	1.71
1.8	5.79	5.06	4.62	4.10	3.79	3.58	3.43	3.21	3.06	2.83	2.69	2.53	2.43	2.36	2.20	2.08	1.96	1.93
2.0	6.20	5.43	4.97	4.42	4.10	3.88	3.71	3.48	3.33	3.08	2.94	2.77	2.68	2.60	2.42	2.30	2.19	2.15
2.5	7.18	6.32	5.81	5.20	4.84	4.59	4.41	4.16	3.98	3.71	3.55	3.36	3.24	3.16	2.97	2.83	2.71	2.65
3.0	8.12	7.18	6.62	5.95	5.56	5.29	5.09	4.81	4.62	4.32	4.14	3.93	3.81	3.72	3.51	3.36	3.23	3.16
3.5	9.01	8.00	7.40	6.68	6.26	5.97	5.75	5.45	5.24	4.92	4.73	4.51	4.37	4.28	4.05	3.89	3.75	3.67
4.0	9.88	8.80	8.16	7.39	6.94	6.63	6.40	6.08	5.86	5.52	5.31	5.07	4.93	4.83	4.59	4.42	4.28	4.19
5	11.54	10.34	9.62	8.77	8.27	7.92	7.67	7.31	7.07	6.69	6.46	6.19	6.02	5.92	5.65	5.46	5.29	5.21
6	13.12	11.82	11.04	10.11	9.56	9.19	8.91	8.52	8.25	7.84	7.59	7.30	7.13	7.01	6.71	6.50	6.32	6.23
7	14.65	13.25	12.41	11.42	10.83	10.42	10.12	9.71	9.42	8.98	8.71	8.40	8.21	8.08	7.77	7.54	7.34	7.24
8	16.14	14.65	13.75	12.70	12.07	11.64	11.32	10.88	10.57	10.10	9.82	9.49	9.29	9.15	8.81	8.58	8.36	8.25
9	17.59	16.01	15.07	13.96	13.29	12.84	12.50	12.04	11.71	11.22	10.92	10.57	10.36	10.21	9.86	9.61	9.38	9.27
10	19.00	17.35	16.36	15.20	14.50	14.02	13.67	13.18	12.85	12.33	12.01	11.64	11.42	11.27	10.90	10.64	10.40	10.28
12	21.75	19.96	18.89	17.63	16.87	16.36	15.98	15.45	15.08	14.52	14.18	13.78	13.54	13.38	12.97	12.69	12.44	12.31
14	24.41	22.50	21.36	20.01	19.20	18.66	18.25	17.68	17.29	16.69	16.33	15.90	15.65	15.47	15.04	14.74	14.47	14.33
16	27.00	24.98	23.78	22.35	21.50	20.92	20.49	19.89	19.48	18.84	18.48	18.01	17.74	17.56	17.10	16.78	16.49	16.35
18	29.53	27.41	26.15	24.65	23.76	23.15	22.71	22.07	21.64	20.97	20.58	20.10	19.82	19.63	19.15	18.81	18.52	18.36
20	32.00	29.80	28.40	26.83	26.00	25.37	24.90	24.24	23.79	23.10	22.68	22.19	21.90	21.70	21.20	20.85	20.54	20.38
25	37.99	35.61	34.19	32.50	31.50	30.81	30.30	29.59	29.11	28.35	27.90	27.37	27.05	26.84	26.30	25.93	25.58	25.41
30	43.75	41.22	39.72	37.94	36.87	36.15	35.61	34.86	34.35	33.55	33.07	32.51	32.17	31.94	31.37	30.97	30.61	30.43
35	49.31	46.68	45.12	43.20	42.15	41.40	40.84	40.00	39.52	38.70	38.20	37.61	37.26	37.02	36.43	36.01	35.64	35.45
40	54.70	52.00	50.39	48.49	47.35	46.57	46.00	45.20	44.65	43.79	43.29	42.68	42.32	42.08	41.47	41.04	40.66	40.46

GRAFICA "A"

Determinación del Valor de "K"



FUENTES DE CONSULTA

I. BIBLIOGRAFICAS

1. Felipe J. Arrona
CALIDAD EL SECRETO DE LA PRODUCTIVIDAD
Editorial Tecnica
2. H.C.Charboneau y G.L.Webster
CONTROL DE CALIDAD
Editorial Interamericana
3. Grant y Leavenworth
CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD
Editorial CECSA
4. I.W.Burr
ENGINEERING STATICS AND QUALITY CONTROL
Editorial Prentice Hall
5. D.J. Cowdom
STATICAL METHDDS IN QUALITY CONTROL
Editorial Prentice Hall
6. A.G. Hooper
STATICAL QUALITY CONTROL
Editorial Mc Graw Hill
7. Juran
MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD
Editorial Mc Graw Hill
8. Mary Walton
COMO ADMINISTRAR CON EL METODO DEMING
Editorial Norma
9. Kaoru Ishikawa
QUE ES EL CONTROL DE CALIDAD TOTAL
Editorial Norma
10. Philip B. Crosby
QUALITY IS FREE
New American Library
11. Elwood S. Buffa
ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION
Editorial Limusa
12. Murray Spiegel
PROBABILIDAD Y ESTADISTICA
Editorial Mc Graw Hill

13. Edward Krick
INGENIERIA DE METODOS
Editorial Limusa
14. Ivann O. Sanin
TEORIA DE LA PROBABILIDAD
Editorial Limusa
15. Armand V. Feigenbaum
CONTROL DE CALIDAD TOTAL
Editorial CECSA
16. Fersen Baum
CONTROL TOTAL DE CALIDAD, INGENIERIA Y ADMINISTRACION.
Editorial CECSA
17. Fetter
SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD
Editorial El Ateneo
18. A.S. SANCHEZ
LA INSPECCION Y EL CONTROL DE CALIDAD
Editorial Limusa
19. Bertrand Hasen
CONTROL DE CALIDAD
Editorial Hispano Europea
20. P.C. Thompson
CIRCULOS DE CALIDAD
Editorial Norma

II. HEMEROGRAFICAS

Industrial Quality Control Magazine

Sistemas de Calidad

III. INSTITUCIONALES

1. Manual de Control Estadístico de Procesos de la General Motors de México.
2. Manual de Control de Calidad de Ford Motor Company de México.

3. Manual de Control de Calidad de la Universidad Autonoma Metropolitana.
4. Modulos de Control de Calidad del Instituto Tecnológico de Monterrey.
5. Manual de Técnicas Estadísticas de Procter & Gamble de México.
6. Manual de Calidad Total de Procter & Gamble de México.
7. Manual de Aseguramiento de Calidad del Instituto Mexicano de Control de Calidad.
8. Capability Analysis and Process Performance de A.M.P. de México.