

99  
de s.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**EL CONTROL ESTADISTICO EN PROCESO  
COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD**

**TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS  
DE EDUCACION CONTINUA  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO**

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

**FRANCISCO EDUARDO ORNELAS GUTIERREZ**



**FACULTAD DE  
QUIMICA**

**MEXICO, D. F.**

**1995**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

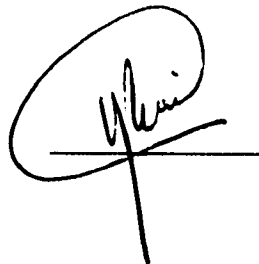
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** GERARDO BAZAN NAVARRETE  
**VOCAL:** JOSE ANTONIO CHICO MORALES  
**SECRETARIO:** GUILLERMO MOLINA GOMEZ  
**1er. SUPLENTE:** ALEJANDRO LIEDO GALINDO  
**2do. SUPLENTE:** MARIA EUGENIA CEBALLOS SILVA

**SITIO EN DONDE SE DESARROLLA EL TEMA: MEXICO D.F.**

**ASESOR DEL TEMA:**  
**ING. JOSE ANTONIO CHICO MORALES**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Chico', is written over a horizontal line. The signature is enclosed in a large, hand-drawn oval.

**SUSTENTANTE:**  
**FRANCISCO EDUARDO ORNELAS GUTIERREZ**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Ornelas', is written over a horizontal line.

A Estrella mi esposa, por su colaboración,  
entusiasmo y firme apoyo.

A Brenda mi pequeña hija, quien me impulsa  
con su ternura y amor a ser mejor cada día.

A Eduardo y Yolanda mis padres, por su pa\_  
ciencia y confianza en mí.

A mis Hermanos, Amigos, Compañeros de tra\_  
bajo y a todos aquellos que de una u otra  
forma me ayudaron en la realización de éste  
trabajo.

**Un sincero agradecimiento a los integrantes  
del Jurado, por su valiosa y desinteresada  
colaboración.**

**Un sincero agradecimiento a los integrantes  
del Jurado, por su valiosa y desinteresada  
colaboración.**

## INDICE

### INTRODUCCION

Enfoque del trabajo .....	1
Definiciones .....	2
Antecedentes .....	2
Ambiente de calidad y su relación con el control estadístico en proceso .....	3

### PREPARACION PARA LA IMPLEMENTACION DEL CEP

Prerrequisitos para la implementación del control estadístico en proceso .....	8
Participación .....	8
Capacitación .....	9
Coordinación .....	11
Selección de áreas potenciales de mejora y parámetros .....	14

### IMPLEMENTACION DEL CEP

Implementación del control estadístico en proceso .....	17
------------------------------------------------------------	----

### TECNICAS ESTADISTICAS

Técnicas estadísticas .....	20
Histogramas .....	21
Capacidad de proceso .....	23
Conceptos de las cartas de control .....	30
Tipos de cartas de control .....	33
Cartas $\bar{X}$ -R .....	34
Cartas p .....	38

Cartas c .....	41
Interpretación de las cartas de control .....	44
Muestreo de aceptación .....	49
Tablas militares .....	54
Otras herramientas de apoyo .....	57
Hoja de inspección .....	57
Diagrama de Pareto .....	60
Diagrama de causa-efecto .....	63
Tormenta de ideas .....	65
Diagrama de dispersión .....	66
Costos de calidad .....	69
<b><u>EJEMPLOS</u></b>	
Datos .....	72
Histograma .....	73
Capacidad de proceso .....	75
Carta $\bar{X}$ -R .....	76
Hoja de inspección .....	81
Diagrama de Pareto .....	82
Diagrama de causa-efecto .....	83
<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	
Conclusiones .....	85
<b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b>	
Libros .....	87
Manuales .....	88
Revistas .....	89



INTRODUCCION

## ENFOQUE DEL TRABAJO

Este trabajo se enfoca a la implementación de las técnicas estadísticas como una herramienta efectiva para controlar el proceso y así asegurar la calidad del producto.

Se presentarán las bases de las técnicas estadísticas en forma general y mostrarán en forma práctica y de manera sencilla los requisitos principales para la implementación del control estadístico en proceso sin considerar que éstos son obligatorios para su buen desarrollo, ya que dependerá en gran parte del giro de la industria y de la mentalidad de su personal.

Existen sistemas probados para incrementar los niveles de calidad de los productos en la industria, aquí solo se mencionarán los más conocidos, éste trabajo no se enfoca a ninguno en particular y se sugiere investigar acerca de ellos para enriquecer los conceptos y su aplicación, ya que cualquiera que fuere la filosofía de la empresa, la tendencia general es proporcionar la satisfacción del cliente y así permanecer en el mercado, además de que la actualización es por demás imprescindible para el progreso.

## DEFINICIONES

**Calidad:** Es la medida en que un producto o servicio satisface las necesidades del cliente o usuario.

**Estadística:** Se refiere al conjunto de métodos mediante los cuales es posible obtener conclusiones a partir de datos numéricos.

**Control:** Hacer que algo se comporte como queremos y mantenerlo dentro de límites.

**Proceso:** Grupo de condiciones o causas que pueden trabajarse juntas para producir ciertos resultados.

**Control Estadístico en Procesos:** Cuando mediante la ayuda de datos numéricos se estudian las características de un proceso para hacer que se comporte como queremos, siempre y cuando las variaciones sean por causa del azar.

## ANTECEDENTES

El empleo de las técnicas estadísticas en gran escala comenzó durante la segunda guerra mundial. El departamento de guerra de los Estados Unidos de América, pidió ayuda a la " Bell Telephone Company " para inspeccionar científicamente el material de guerra. Con ello se logró mejorar la calidad final del producto y disminuir los costos de inspección.

Después de la guerra, se han venido desarrollando cada vez más las técnicas estadísticas, y su aplicación en todas las industrias ha ido incrementándose con el tiempo.

Se han desarrollado también corrientes filosóficas que han probado ampliamente su aplicabilidad en la industria, con un objetivo común: Incrementar la Calidad.

Entre los asesores con mayor reconocimiento internacional se cuenta entre otros con: W. Edwards Deming, Kaoru Ishikawa, J.M. Jurán y Philip B Crosby.

### AMBIENTE DE CALIDAD Y SU RELACION CON EL CONTROL ESTADISTICO EN PROCESO.

Las organizaciones empresariales se componen de: Mano de obra, Métodos, Materiales y Maquinaria. Estos elementos constituyen el sistema y procesos dentro de la organización.

El proceso de la empresa se amplía al incluir a los clientes, proveedores, inversionistas y a la colectividad.

Este es el denominado proceso ampliado, que inicia con la comunicación de las necesidades del cliente a la empresa. El cliente es el elemento más importante en el proceso ampliado porque la meta es satisfacer sus necesidades.

Antes de iniciar la producción se requiere haber decidido lo que se va a fabricar, en función de las necesidades

del cliente. El siguiente paso es la fabricación real del producto. Finalmente se debe determinar si el producto fabricado responde a lo que se había propuesto, por lo que las empresas deben hacer investigaciones de los clientes a fin de rediseñar y producir sus productos, convirtiéndose en un proceso continuo que determina cómo se comportan los productos y qué mejoras le darían mayor satisfacción a sus clientes.

Del otro lado del proceso ampliado se encuentran los proveedores. Para producir artículos de calidad, no sólo se tiene que sobrepasar las especificaciones de los clientes, habrá que comunicar esas necesidades a los proveedores, teniendo el compromiso de suministrar materiales que contribuyan a sobrepasar las necesidades del cliente.

Todo lo anterior nos lleva a la necesidad de contar con un sistema de calidad. La calidad se logra mediante el mejoramiento continuo del proceso ampliado, liderado por la dirección de la empresa.

Se deben considerar tres tipos de calidad a fin de que se pueda mejorar el proceso ampliado:

- a) Calidad de diseño - rediseño.
- b) Calidad de conformidad.
- c) Calidad de desempeño.

La calidad de diseño se inicia con la investigación de

los clientes, del análisis de las ventas y de las visitas de servicio, que llevan a la determinación de un prototipo que satisfaga las necesidades del consumidor. Al considerar dichas necesidades, es primordial que la empresa pronostique qué será útil para los clientes del futuro. Después se elaboran las especificaciones para el prototipo y se les suministran a los proveedores.

La calidad de conformidad es la medida en que una empresa y sus proveedores pueden sobrepasar las especificaciones del diseño para que satisfagan las necesidades de sus clientes.

La calidad de desempeño es la determinación, mediante investigaciones y análisis de las visitas de servicio y ventas, de cómo los productos o servicios de la empresa se están comportando en la práctica. Esta lleva a la calidad de rediseño y así prosigue el ciclo del mejoramiento continuo.

No existe actividad alguna que no requiera herramientas para poder desarrollarse, las herramientas son indispensables y tienen que ser adecuadas. El mundo de la calidad no es la excepción, sus herramientas estadísticas son necesarias para mantener el equilibrio en la cadena productiva.

UNA DE LAS HERRAMIENTAS MAS CONOCIDAS Y APLICADAS ES EL CONTROL ESTADISTICO EN PROCESO ( CEP ).

El CEP tiene como objetivo conocer el estado del proce\_

so, para alcanzar el estado de control y satisfacer las necesidades del cliente.

El CEP se fundamenta en lo siguiente:

a) Se debe contar con estadísticas y datos verídicos y acertados. No nos sirve de nada, contar con el mejor estadístico si los datos son falsos.

b) La estadística indica cuando tomar una acción. La efectividad de la acción está en función de la creatividad y capacidad de análisis del personal.

c) El CEP, proporciona un lenguaje común para mejorar un proceso. La queja más frecuente del personal de producción es que los técnicos responsables de las especificaciones, no entienden los problemas de producción. El personal de calidad por su parte, se queja a menudo de la deficiente calidad del producto fabricado. El CEP puede ser utilizado para analizar éstos problemas y llegar a una solución común.

d) Es necesario orientar el proceso a la causa y no al efecto, como un camino para prevenir desviaciones.

e) La principal causa de fracaso del CEP, es que se considera como un sistema de calidad y no como una herramienta, separándose de un plan de mejora continua, indispensable para lograr calidad, productividad y competitividad.

f) Ningún proceso de producción es lo suficientemente

bueno como para que todas las unidades fabricadas sean exactamente iguales, cierta variación es inevitable.

El intervalo básico de variación, dependerá de ciertas características del proceso de producción, tales como las máquinas, materiales y el personal operativo.

Cuando se especifican los valores máximos y mínimos de una característica de calidad ( tolerancias ), hay que considerar si la variación del proceso es tal que resulta imposible que toda la producción se encuentre dentro de los límites especificados. Cuando esto es así y no se pueden cambiar las especificaciones, será necesario modificar el proceso de producción para reducir su campo de variación, o afrontar el hecho de seleccionar siempre el producto aceptable.

Sin embargo algunas veces una revisión de la situación indica que las tolerancias son más estrechas de lo necesario para el buen funcionamiento del producto. En éste caso se recomienda cambiar las especificaciones adoptando tolerancias más amplias.



bueno como para que todas las unidades fabricadas sean exactamente iguales, cierta variación es inevitable.

El intervalo básico de variación, dependerá de ciertas características del proceso de producción, tales como las máquinas, materiales y el personal operativo.

Cuando se especifican los valores máximos y mínimos de una característica de calidad ( tolerancias ), hay que considerar si la variación del proceso es tal que resulta imposible que toda la producción se encuentre dentro de los límites especificados. Cuando esto es así y no se pueden cambiar las especificaciones, será necesario modificar el proceso de producción para reducir su campo de variación, o afrontar el hecho de seleccionar siempre el producto aceptable.

Sin embargo algunas veces una revisión de la situación indica que las tolerancias son más estrechas de lo necesario para el buen funcionamiento del producto. En éste caso se recomienda cambiar las especificaciones adoptando tolerancias más amplias.

PREPARACION PARA LA  
IMPLEMENTACION DEL CEP

PRERREQUISITOS PARA LA IMPLEMENTACION DEL CONTROL ESTADISTICO EN PROCESO.

Antes de implementar el CEP se requiere saber qué hacer, cómo y quién debe hacerlo. No solo se trata de recopilar y graficar datos, pensando que a esto se reduce el proceso de mejora, se requiere de un plan de acción y entender que realizar técnicas estadísticas aporta el 25 % de efectividad, el 75 % restante lo dan el análisis y las acciones concretas del personal a cargo.

Se necesita entonces de:

- 1.- Participación de todos los niveles.
- 2.- Capacitación.
- 3.- Coordinación del CEP.
- 4.- Selección de áreas potenciales de mejora y de parámetros.

1.- PARTICIPACION

Se requiere contar con la participación de todos los niveles: Operadores, supervisores, jefes, gerentes y directores. En caso de existir sindicato, debe hacerse participe del plan de mejora.

La administración de la empresa, es la responsable de elevar la conciencia de calidad. Parte de esta tarea es lo

grar que todo el personal intervenga en el mejoramiento continuo de la calidad, teniendo una actitud positiva.

## 2.- CAPACITACION

Todo el personal que usará el CEP, debe haber tenido y terminado satisfactoriamente un seminario de control estadístico en proceso, que explique el porqué es usado éste.

La administración de la empresa, debe considerar la capacitación como parte del trabajo de todos, no como una añadidura ni una cosa extra. Se deben asignar recursos para la capacitación y ésta debe planearse cuidadosamente.

Es importante la colaboración de todos los niveles de la empresa en la evaluación de las necesidades de capacitación.

Una vez evaluadas las necesidades, se establecerá un programa de capacitación que incluirá: Trabajo de clase formal, trabajo práctico y material didáctico.

El aspecto más importante de cualquier capacitación es evaluar en qué momento una persona ha terminado la capacitación que le corresponde para el empleo de métodos estadísticos.

Una vez logrado el control estadístico, los empleados pueden dedicarse al mejoramiento continuo, preparándolos con

nuevos métodos y una capacitación continua. Una persona que ha logrado aplicar el control estadístico puede perderlo, por lo que la capacitación continua es esencial.

Si la capacitación les brinda a los empleados una participación en la filosofía y en los métodos generales de la organización, una comprensión de sus cargos como algo más que simples tareas mecánicas, unos procedimientos específicos para realizar apropiadamente sus labores y una manera de evaluar cuando han terminado su capacitación, la organización se ve beneficiada de diversas formas:

La calidad mejora porque todos conocen sus cargos, aplican control estadístico y buscan el mejoramiento continuo.

La capacidad del proceso es conocida y la empresa puede ofrecer a sus clientes evidencia estadística del control del proceso, convirtiéndose en buen proveedor.

Los empleados se sienten seguros en el cargo, se han convertido en parte de un proceso que los anima a cuestionar y resolver problemas, eliminando las barreras entre los trabajadores.

Cada uno sabe cual es su trabajo, son claros los límites entre los cargos y los conflictos disminuyen considerablemente.

Se recupera el sentido del orgullo por la labor, los trabajadores se sienten valiosos y están más abiertos al mejoramiento y al aprendizaje.

Los niveles de tensión disminuyen, se cumplen las metas organizacionales y personales en un ambiente positivo, pues fomenta las relaciones laborales y un mejor estado de ánimo.

Un programa de capacitación de CEP puede incluir los siguientes aspectos:

- a) Entorno de calidad.
- b) Fundamentos del control estadístico en proceso.
- c) Distribuciones.
- d) Determinación de capacidad de procesos.
- e) Filosofía y aplicación de límites de control.
- f) Elaboración, interpretación y pruebas de gráficos de control.
- g) Tipos de gráficos y sus patrones.

### 3.- COORDINACION.

Se coordinarán la formación y las actividades de un equipo de trabajo, que llevará a cabo la implementación del

CEP. El entendimiento durante la preparación es esencial porque define la responsabilidad para interpretar el CEP, el seguimiento de las acciones del control en proceso y el mantenimiento del CEP.

Cada uno debe conocer las responsabilidades para cada actividad. El equipo de trabajo debe corroborar que todas las responsabilidades hayan sido asignadas.

El gerente del departamento de producción debe estar dentro del equipo de trabajo o comité, siendo un elemento imprescindible, ya que durante la implementación y continuidad del CEP, monitoreará el arranque y los avances.

El equipo de trabajo se asegurará continuamente de que las responsabilidades asignadas se lleven a cabo, que se obtengan avances y se tomen acciones. Mediante un sistema de medición se registra el cumplimiento del programa.

La selección de un buen estadístico para guiar la organización es importante en la coordinación del CEP. Se considera que las características de un buen estadístico industrial son:

Instruido en la teoría y la práctica de la estadística, con destreza de comunicación oral y escrita, que trabaja dentro de los límites del mundo real, que comprende las realidades de la práctica de la estadística, de buena personalidad y capaz de entenderse con otros, que se interesa per

sonalmente y es capaz de resolver problemas de la empresa, capaz de entender y desarrollar la metodología estadística, que se adapta rápidamente a nuevos problemas y dificultades, que produce trabajo oportuno y de óptima calidad.

Además debe ser un individuo motivado y con un alto nivel de energía. Debe relacionarse bien con la gente de todos los niveles de la organización. Debe ser capaz de mostrar buen desempeño bajo presión. Debe ser confiado, entusiasta, diplomático, organizado, creativo, averiguador y dispuesto a escuchar.

Se requiere también que comprenda el comportamiento humano, la dinámica de grupo, el comportamiento organizacional y el proceso de cambio.

Para que el estadístico cuente con estas cualidades, se puede capacitar dentro de la empresa mediante el trabajo de un especialista en desarrollo organizacional o bien mediante cursos externos.

Deberá actuar con un profesionalismo que inspire confianza en su capacidad para encabezar la búsqueda del mejoramiento continuo de la calidad. El estadístico debe tener paciencia para que la aplicación se haga a su debido tiempo, es crucial esperar hasta que el ambiente sea propicio.

Si no se cuenta con estadístico dentro del personal, será necesario contratar uno o recurrir a los servicios de un



asesor estadístico.

#### 4.- SELECCION DE AREAS POTENCIALES DE MEJORA Y PARAMETROS.

Un paso importante para el mejoramiento de los procesos de productividad y calidad es la identificación de un proyecto. Los proyectos son asignados a los equipos de trabajo pero deben ser definidos apropiadamente, ya que puede tenerse información limitada al hacer la asignación.

En forma individual o en equipo, se debe definir el proyecto y desarrollar un lineamiento de objetivos, de tal forma que cada uno de los involucrados con el proceso, en tienda, coincidiendo y alcanzando la meta.

La implementación del CEP como proyecto, será efectiva sólo si se identifican claramente los productos y procesos desde un principio.

En equipo o en forma individual se llevará a cabo la identificación, definiendo con detalle la magnitud del proyecto, los ahorros potenciales y el costo de la implementación del mismo.

Si el proyecto asignado es demasiado amplio para que un equipo de trabajo lo maneje efectivamente, debe seccionarse en subgrupos y marcar prioridades. Se seleccionarán entonces los elementos apropiados para los equipos al iniciar el pro\_

yecto. Se debe redefinir y rejustificar el proyecto, al re\_ visar la información dirigida a los ahorros esperados. Con ésta información la administración determina la atención y los recursos para el proyecto.

La identificación del proyecto se hace más fácilmente al desarrollar un formulario que contenga básicamente cuatro secciones :

A) Productividad: El equipo deberá identificar cual\_ quier oportunidad para mejorar la productividad en relación a los métodos de manufactura y técnicas de inspección, des\_ perdicios y reprocesos que normalmente requieren reinspec\_ ción.

B) Calidad: Las oportunidades de calidad se relacio\_ nan con los desperdicios de materiales, reprocesos y la re\_ lación cliente-proveedor.

En el caso de productos nuevos, los departamentos de calidad e ingeniería, en algunas ocasiones se encuentran li\_ mitados por desconocimiento del diseño original y los reque\_ rimientos para el uso final del producto.

El departamento de Ingeniería, identificará las carac\_ terísticas críticas del producto, incluyendo dimensiones y operaciones, en el caso de dimensiones, solamente se consi\_ derarán las críticas.

C) Documentación de impacto: Se debe documentar oportunamente el impacto y la relación de los proveedores internos con otros departamentos considerados como clientes, incluyendo el tiempo perdido debido a redocumentación, procesos adicionales o tiempos muertos sin manufactura.

D) Satisfacción del cliente: Se debe identificar la relación de los procesos con los clientes internos y finales.

IMPLEMENTACION DEL CBR

## IMPLEMENTACION DEL CONTROL ESTADISTICO EN PROCESO

Los elementos del plan de implementación se efectuarán en forma conjunta por Gerentes, Jefes de área, Supervisores, Ingenieros de proceso, Jefes de turno, Operadores, Coordinadores y especialistas, según las responsabilidades fijadas.

- Los departamentos técnico y de producción, identificarán las partes del proceso y los parámetros clave para entregar al cliente productos de calidad, fijarán objetivos de mejora que deben medirse en términos de costos de calidad, y definirán las causas y las acciones preventivas y/o correctivas para los problemas identificados.

- Todas las gerencias y jefaturas ayudarán al coordinador a supervisar el cumplimiento de las responsabilidades asignadas en el plan, y el seguimiento de las acciones, mediante reportes de avances y programas anuales.

- Los departamentos técnico, de calidad y producción, medirán los avances de los métodos estadísticos, mediante la colección organizada de información y gráficos de control.

- Por medio de estudios de repetibilidad (Variabilidad por falta de habilidad del equipo y/o analista para obtener el mismo resultado repetidamente) y de reproducibilidad (Variabilidad entre varios analistas al hacer mediciones con equipos idénticos), el equipo de trabajo se asegurará de

que las mediciones del personal y equipos están dentro de lo permitido.

- Se implementarán estudios de capacidad de proceso, para determinar la variación natural de éste, demostrando si es capaz de cumplir con los requisitos del cliente, además ayudan a tomar acciones preventivas / correctivas sobre el mismo.

- Los departamentos técnico y de producción, desarrollarán matrices de acciones preventivas y correctivas específicas para regresar el proceso a control cuando éste se encuentre descontrolado, que consisten en listados de fallas con sus respectivas acciones, obteniéndose mejores resultados si se colocan junto a los gráficos de control.

- Para conformar el historial del proceso, deben mantenerse adecuadamente documentados en bitácoras los reportes, gráficos de control y las acciones realizadas. La bitácora debe colocarse en el sitio en donde se lleve a cabo el CEP y contendrá las diferencias o cambios en el proceso y los casos nuevos.

- Mediante auditorías, se logra la medición de la efectividad del CEP para asegurar el logro de los resultados esperados, además de mantenerlo dinámico. Estas son responsabilidad del coordinador ( estadístico ), departamentos de calidad, técnico y producción, y deben generar planes de ac\_

ción para ir mejorando el proceso.

Debe asegurarse lo anterior, mediante la prevención de problemas futuros, aplicando las técnicas estadísticas que a continuación se mencionan.

ción para ir mejorando el proceso.

Debe asegurarse lo anterior, mediante la prevención de problemas futuros, aplicando las técnicas estadísticas que a continuación se mencionan.



TECNICAS ESTADISTICAS

## TECNICAS ESTADISTICAS

Considerar que el control estadístico en proceso son las gráficas de control, resulta peligroso, éstas no serían útiles si no se analizan los pasos de mejora estadística y no se ha obtenido la mentalidad estadística.

La mentalidad estadística consiste en la obtención de conclusiones y acciones en base al análisis de los datos estadísticos. Al escuchar el término estadística, se piensa en números, en gráficos. Al cambiar de mentalidad, los números seguirán ahí, pero ahora tendrán significado y servirán para tomar acciones.

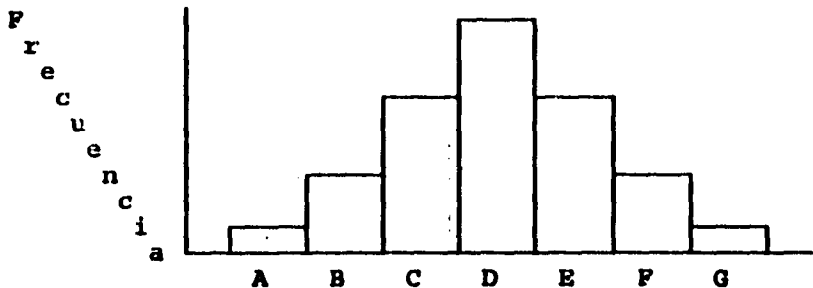
Se requiere que la administración implante un sistema de calidad, en el que la mentalidad estadística se dé sin fricciones y se incluyan entre otras las siguientes técnicas estadísticas:

- a) Histogramas.
- b) Capacidad de proceso.
- c) Gráficos de control.
- d) Muestreo de aceptación.
- e) Tablas Militares.

## **HISTOGRAMAS**

El histograma es la representación gráfica con barras de la distribución de datos del proceso, mediante una tabla de frecuencia.

Un histograma se representa así:



En un histograma típico de muestras tomadas aleatoriamente de un proceso bajo control, la mayor parte de los datos se encuentran en el centro.

### **ELABORACION:**

Se obtienen una serie de determinaciones ( mínimo 25 para tener una muestra estadísticamente representativa ).

El número de determinaciones estará representada por n.

Se debe determinar el rango de las determinaciones, que consiste en la diferencia del valor más grande y el más pequeño.

Posteriormente se divide el rango entre el número de clase representado por  $k$ , que se obtiene de la siguiente tabla:

<u>número de datos (n)</u>	<u>número de clase (k)</u>
menos de 50	5 - 7
50 - 100	6 - 10
100 - 250	7 - 12
más de 250	10 - 20

Determinar entonces el intervalo de clase, representado por  $H$ , dividiendo el rango entre el número de clase.

Es recomendable, redondear el valor del intervalo de clase, a fin de adecuarlo a nuestro propósito, el intervalo de clase debe ser constante.

Podemos ahora determinar los límites de clase, partiendo del menor valor reportado, sumándole el intervalo de clase y así sucesivamente hasta llegar al valor mayor de los valores reportados.

Los límites de clase son mutuamente excluyentes, por lo que cada uno de los valores reportados corresponderá a una sola categoría.

Se construye una tabla de frecuencias que incluye a cada uno de los valores reportados relacionándolos a los lími\_

tes de clase calculados.

La tabla de frecuencias es una histograma en forma tabular, al graficar los datos obtenemos el histograma.

Ver ejemplo hoja 73 y 74.

### CAPACIDAD DE PROCESO

Todos los procesos y los productos que se obtienen de ellos, tienen variaciones en sus características más o menos perceptibles, dependiendo de la magnitud de la variación y de la precisión de los instrumentos de medición.

Las variaciones pueden deberse a:

a) Causas especiales, que se presentan en un momento determinado, dando una variación anormal en el proceso, por ejemplo: Materia prima diferente a la usual, desajuste de maquinaria, desviaciones en la operación, etc.

b) Causas comunes o inherentes al proceso, que aún en condiciones controladas están presentes.

Cuando las variaciones son originadas por causas especiales, el proceso está fuera de control y su comportamiento es impredecible. Al eliminar la causa mediante un análisis acertado del problema y su consiguiente acción correctiva, la variación anormal desaparecerá.

Un proceso está bajo control cuando las variaciones son ocasionadas por causas comunes. En este caso las variaciones serán predecibles mediante el método estadístico.

Si tomamos una muestra de un proceso controlado y evaluamos cualquier característica, el 99.7 % de las veces quedará dentro de la curva normal de distribución con un promedio central, más menos tres veces la desviación estándar.

La desviación estándar, representada por la letra griega sigma ( $\sigma$ ), nos indica cuanto se dispersan o se acercan los valores al promedio del proceso.

Si el proceso tiene una variación pequeña, la mayoría de los datos estarán cerca del promedio y el valor de la desviación estándar será pequeña. En el caso de que la variación sea grande, los datos se dispersarán ó alejarán del promedio y el valor de la desviación estándar será mayor.

La fórmula para obtener el promedio es:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}$$

La fórmula para obtener la desviación estándar es:

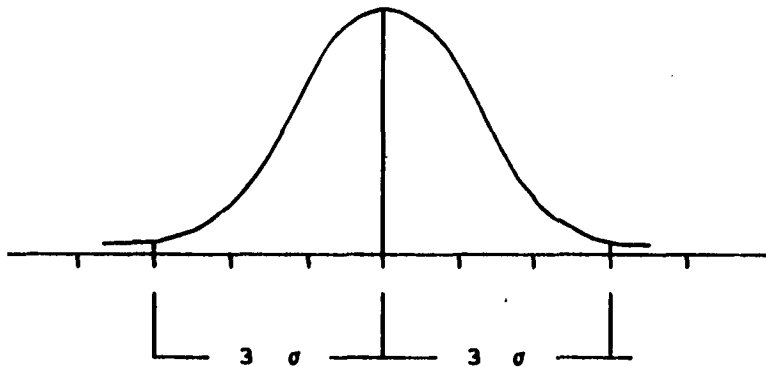
$$\sigma = \left[ \text{SUMA } (X_i - \bar{X})^2 / (N - 1) \right]^{1/2}$$

donde N es el tamaño de la muestra.

Con un número representativo de muestras de un proceso bajo control y el promedio y la desviación estándar, se determinan los valores de los límites de control superior e inferior.

La frecuencia con que las muestras presentan valores cercanos al promedio, será mayor que las veces que presenten valores cercanos a los límites superior e inferior, formando una campana cuya base será igual a seis veces la desviación estándar, o sea tres veces la desviación estándar en ambos lados del promedio.

#### CURVA DE DISTRIBUCION NORMAL.



Lo anterior nos permite conocer que tan holgadamente un proceso da productos que cumplen las especificaciones, midiéndose con un índice llamado Capacidad potencial del pro\_

ceso ( CP ), que es la relación entre las tolerancias especificadas y la variabilidad total del proceso.

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6 \text{ veces la desviación estándar}}$$

L S E = Límite superior especificado.

L I E = Límite inferior especificado.

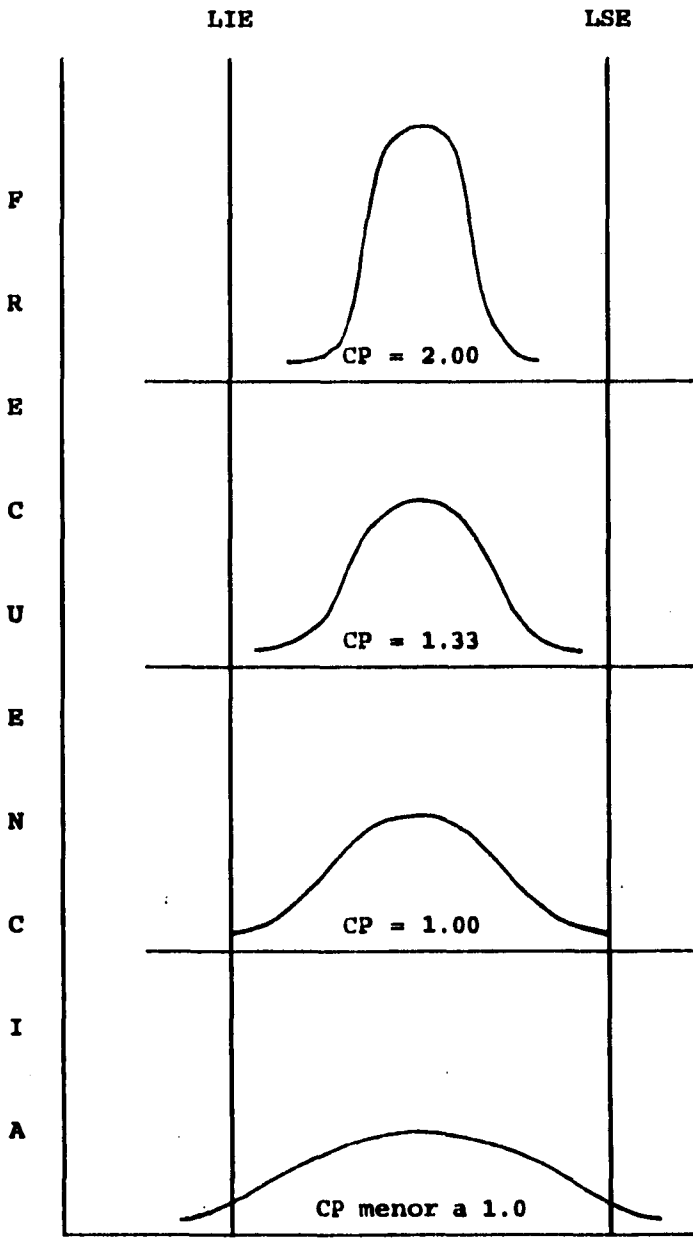
El índice CP permite calificar la variabilidad tanto del producto como del proceso, mientras mayor sea el valor de CP, mayor será la capacidad de cumplir con la especificación.

El CP indica la potencialidad de cumplir una especificación: No importa si la campana está dentro o fuera de los límites especificados, el CP nos dice si la variación es menor a la especificada.

Un valor de CP de 1 significa que el proceso puede caber una vez en las especificaciones, un valor de 2 indica que el proceso puede caber dos veces en las especificaciones y así sucesivamente.

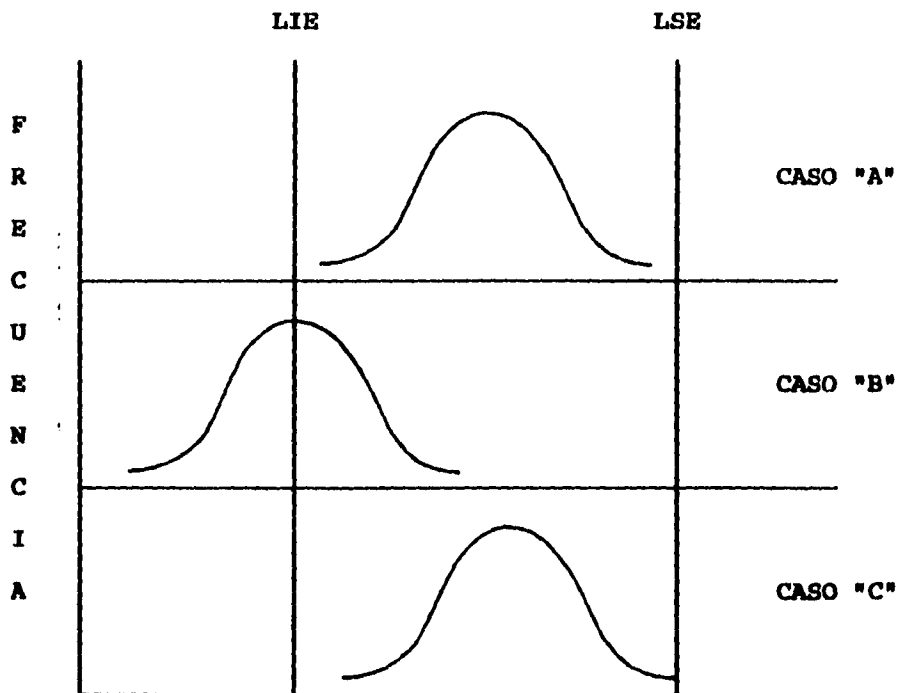
Esto se muestra en la siguiente gráfica:





MEDIDA DE LA CARACTERISTICA

En los ejemplos anteriores de CP, se ha considerado que el valor promedio de la distribución coincide con el centro de la especificación, en la realidad se presentan situaciones en donde el promedio no coincide con el centro de la especificación.



MEDIDA DE LA CARACTERÍSTICA

En el caso "B", es evidente que el producto está fuera de especificaciones, mientras que en el caso "C", la distribución muestra que está a punto de salirse del límite superior de la especificación. Sin embargo de acuerdo a la fórmula de CP, en los casos "A", "B" y "C", el valor numérico

sería de 1.33 ( El proceso cabe potencialmente 1.33 veces en las especificaciones ).

Para considerar ésta situación, se usa un índice que toma en cuenta la posición del centro de la distribución con respecto a la de la especificación, denominado coeficiente de capacidad de proceso ( CCP ).

Siendo entonces:

$$CCP_{LSE} = \frac{\text{Límite superior especificado} - \text{Promedio}}{3 \text{ veces la desviación estándar}}$$

$$CCP_{LIE} = \frac{\text{Promedio} - \text{Límite inferior especificado}}{3 \text{ veces la desviación estándar}}$$

De los dos valores que se obtengan, el que resulte más bajo ( denominado CPK ), es el que requerirá mayor atención para la mejora continua.

Mientras más alto es el valor CCP, la variabilidad es menor y el promedio de la distribución se acerca al valor central de las especificaciones y por consiguiente es más alta la probabilidad de cumplir con las mismas, lo cual trae consigo muchas consecuencias positivas que se resumen de la manera siguiente:

Si el CCP es menor de 1, el proceso es incapaz, se requiere inspeccionar al 100 %, urge mejorar el proceso, pues la probabilidad de producir material fuera de especificación es mayor de 0.27 %.

Si el valor de CCP se encuentra entre 1.0 y hasta 1.33, el proceso es escasamente capaz, requiere cuidado para evitar cambios en el proceso que producirán materiales fuera de especificaciones, así como el esfuerzo para reducir la variación. La probabilidad de producir material fuera de especificación es de 0.27 %.

Si el CCP es mayor de 1.33, el proceso es capaz, cumple con las especificaciones. Debe afinarse para reducir la variación. La probabilidad de producir material fuera de especificación es de 0.006 %.

Si el CCP es mayor de 2, el proceso es capaz y confiable porque la probabilidad de producir material fuera de especificaciones se reduce a 0.000000002 %.

Ver ejemplo hoja 72 y 75.

#### CONCEPTOS DE LAS CARTAS DE CONTROL

Las cartas de control nos dan información del proceso, basada en muestras ( subgrupos ), tomadas periódicamente durante el proceso.

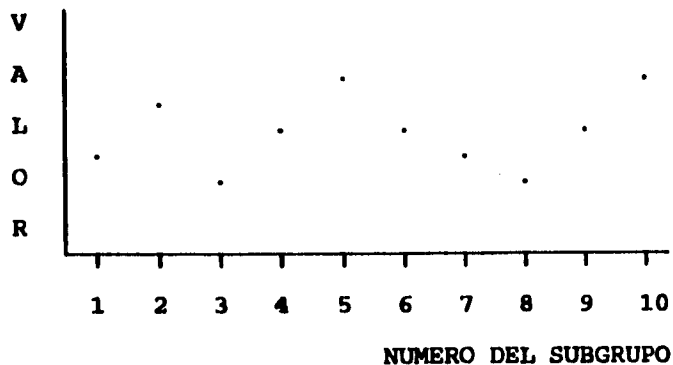
Cada subgrupo es la representación de un proceso en de\_terminado momento. Tomando subgrupos sucesivos se obtendrá la representación del proceso durante todo el tiempo.

Para que las cartas de control sean efectivas, el ope\_rador o inspector debe obtener las muestras, medirlas o ins\_peccionar las partes inmediatamente y registrar los valores del subgrupo.

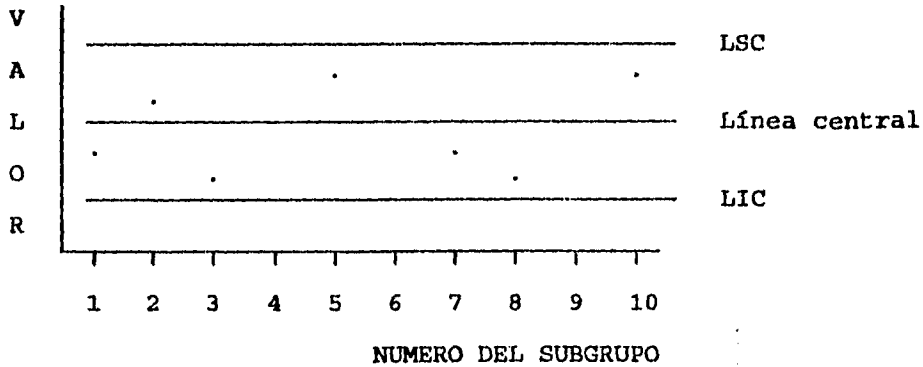
Se registrarán pequeñas variaciones entre los subgrupos ya que estos son tomados periódicamente ( cada media hora, cada hora, cada turno, cada 200 piezas, etc. ).

El tiempo entre cada toma de muestra depende principal\_mente del proceso de producción.

Para cada subgrupo se calcula un valor de las medicio\_ nes obtenidas y se grafica en el eje vertical de la carta de control como se muestra:



Quando se tienen los valores de 25 a 30 subgrupos y se haya obtenido la línea central, pueden calcularse los valores de los límites de control.



Si el proceso está controlado, todos los puntos graficados estarán dentro de los límites de control o no tendrán tendencias, por lo tanto no se requiere tomar acciones. Si los valores se encuentran fuera de los límites de control o muestran tendencias, es evidente que el proceso se encuentra fuera de control y se requieren acciones correctivas.

Las tendencias son desplazamientos continuos en cierta dirección y suelen deberse a desgastes o deterioros graduales de una pieza o algún componente crítico en el proceso. También pueden deberse a causas humanas, por el cansancio de un operador o la presencia de un supervisor, incluso pueden provenir por condiciones ambientales como la temperatura.

Las carreras, estratificación o tendencia de los puntos a quedar agrupados alrededor de una línea, muestran una nota

ble falta de variabilidad natural, siendo una posible causa el cálculo incorrecto de los límites de control.

Las causas por las que el proceso está fuera de control pueden ser encontradas y eliminadas.

Cuando el proceso está controlado, la variación de los valores en la carta, representan la variación natural del proceso. Esta variación natural es el resultado de muchos elementos que contribuyen igualmente y al azar a la variación.

Si el proceso está fuera de control, uno de los elementos del proceso está causando variación excesiva, denominada causa asignable. Las causas asignables generalmente resultan de anomalías en la maquinaria, materiales, gente, métodos, mediciones o en el medio ambiente.

#### TIPOS DE CARTAS DE CONTROL

El tipo del gráfico de control a usar, depende del tipo de datos obtenidos.

Los datos obtenidos para las cartas de control pueden ser clasificados como variables ( medición de partes, por ejemplo: Largo, ancho, espesor, diámetro, dureza, resistencia ) y atributos ( por conteo de defectos ó defectivos, por ejemplo: Inspección visual, pasa no pasa, aceptado-rechazado, errores en envíos ).

Los defectos son definidos como cualquier inconformidad en una unidad. Los defectivos son unidades con uno ó más defectos.

Las variables son graficadas generalmente en cartas de promedio y rango llamadas cartas  $\bar{X} - R$ .

Los atributos se grafican en cartas p, cartas np, cartas c ó cartas u.

Comunmente en la implementación del control estadístico en proceso se usan las cartas  $\bar{X} - R$ , cartas p y cartas c.

### CARTAS $\bar{X}-R$

La carta  $\bar{X}-R$ , es en realidad el conjunto de dos cartas de control, en un mismo formato ( hoja 36 ).

Para cada subgrupo se calcula el promedio ( $\bar{X}$ ) y el rango ( $R$ ). El promedio de los promedios ( $\bar{\bar{X}}$ ) es el estimado del promedio del proceso. Los rangos de los subgrupos son usados para estimar la variación del proceso dentro de cada subgrupo.

El tamaño de los subgrupos es generalmente menor a 10 piezas, comúnmente 4 ó 5. El tamaño de las muestras debe mantenerse constante.

La frecuencia de la toma de muestra, se selecciona en base a la producción y la estabilidad del proceso.



Las fórmulas y factores para calcular la línea central y los límites de control se muestran en la hoja 37.

Se recomienda graficar de 25 a 30 subgrupos en la carta de control antes de calcular la línea central y los límites de control.

Para calcular y graficar los valores en las cartas  $\bar{X}$ -R se siguen estos pasos:

- 1.- Determinar el número de muestras para el subgrupo.
- 2.- Medir las partes y reportar las mediciones en el formato apropiado.
- 3.- Calcular el rango del subgrupo.
- 4.- Calcular el promedio del subgrupo.
- 5.- Graficar los rangos en la carta R.
- 6.- Graficar los promedios en la carta  $\bar{X}$ .
- 7.- Interpretar los resultados. Si el punto está entre los límites de control continúe el proceso. Si el punto se encuentra fuera de los límites de control, tome las acciones apropiadas.

Ver ejemplo hojas 76, 77, 78 y 79.



**FACTORES PARA CARTAS DE CONTROL  $\bar{X}$ -R**

<u>Tamaño de muestra</u> n	<u>Promedio</u> A <sub>2</sub>	<u>Rango</u>		<u>Desv. std.</u> d <sub>2</sub>
		D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	
2	1.880	0.000	3.268	1.128
3	1.023	0.000	2.574	1.693
4	0.729	0.000	2.282	2.059
5	0.577	0.000	2.114	2.326
6	0.483	0.000	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078

**FORMULAS PARA CALCULAR LOS LIMITES DE CONTROL**

**PROMEDIO**

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N} \quad ; \quad N = \text{Número de muestras}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k} \quad ; \quad k = \text{Número de subgrupos}$$

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

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

**RANGO**

$$R = X_{\text{máx.}} - X_{\text{mín.}}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_K}{k} \quad ; \quad k = \text{Número de subgrupos}$$

$$LSC_R = A_4 \bar{R}$$

$$LIC_R = A_3 \bar{R}$$

**DESVIACION ESTANDAR**

$$\text{Desviación estándar} = \bar{R} / d_2$$

## CARTAS p

Las cartas p son usadas para controlar la fracción de defectuosas (p) en un proceso.

El valor a graficar es p, que se calcula dividiendo el número de unidades defectuosas en el subgrupo, por el número total de unidades inspeccionadas en el subgrupo ( n ).

La fracción defectuosa generalmente se reporta en decimales.

Se debe mantener constante el tamaño de los subgrupos.

El formato para las cartas p se muestra en la hoja 40.

Las fórmulas y cálculos usados para llenar estas cartas son los siguientes:

$$\bar{p} = \frac{\text{Número total de rechazos}}{\text{Número total de piezas}}$$

Los límites de control son:

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \left[ \bar{p} ( 1 - \bar{p} ) / n \right]^{1/2}$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3 \left[ \bar{P} ( 1 - \bar{P} ) / n \right]^{1/2}$$

Calcular y graficar los datos en la carta p siguiendo estos pasos:

- 1.- Determinar el número de muestras para los subgrupos.
- 2.- Inspeccionar las partes, contar y reportar el número de defectivos en la forma apropiada.
- 3.- Calcular p.
- 4.- Graficar p en la carta.
- 5.- Interpretar los resultados.

Si el punto está dentro de los límites de control, continuar con el proceso bajo las mismas condiciones. Si el punto está fuera de los límites de control, tomar las acciones apropiadas.



## CARTAS c

Las cartas c se usan para controlar el número de defectos o inconformidades (c) en un proceso.

Estas cartas son utilizadas cuando se inspeccionan características e interesa determinar y controlar la cantidad de defectos

Dado que es posible tener más de un defecto por unidad, la cuenta de defectos c, por subgrupo puede ser mayor que el tamaño de muestra.

El formato para la carta c se muestra en la hoja 42.

Las fórmulas y cálculos para usar estas cartas son los siguientes:

La línea central es:

$$\bar{c} = \text{número total de defectos} / \text{número total de piezas}$$

Los límites de control son:

$$LSC_c = \bar{c} + 3 \left[ \bar{c} \right]^{1/2}$$

$$LIC_c = \bar{c} - 3 \left[ \bar{c} \right]^{1/2}$$

## CARTAS c

Las cartas c se usan para controlar el número de defectos o inconformidades (c) en un proceso.

Estas cartas son utilizadas cuando se inspeccionan características e interesa determinar y controlar la cantidad de defectos

Dado que es posible tener más de un defecto por unidad, la cuenta de defectos c, por subgrupo puede ser mayor que el tamaño de muestra.

El formato para la carta c se muestra en la hoja 42.

Las fórmulas y cálculos para usar estas cartas son los siguientes:

La línea central es:

$$\bar{c} = \text{número total de defectos} / \text{número total de piezas}$$

Los límites de control son:

$$LSC_c = \bar{c} + 3 \left[ \bar{c} \right]^{1/2}$$

$$LIC_c = \bar{c} - 3 \left[ \bar{c} \right]^{1/2}$$



Calcular y graficar los datos en la carta c, siguiendo estos pasos:

- 1.- Seleccionar las piezas consecutivas.
- 2.- Inspeccionar las partes. Contar y reportar el número de defectos en el formato apropiado.
- 3.- Graficar el número de defectos del subgrupo ( c ) en la carta.
- 4.- Interpretar los resultados. Si el punto está dentro de los límites de control, continuar el proceso bajo las mismas condiciones. Si se encuentra fuera de los límites de control, tomar acciones.



## INTERPRETACION DE LAS CARTAS DE CONTROL

Si el proceso está controlado no hay que tomar acciones. Si el proceso está fuera de control, al menos un punto fuera de límites, la causa puede encontrarse y corregirse. Aún cuando todos los puntos se encuentran dentro de los límites, el proceso puede salirse de control cuando los puntos lleven un patrón definido.

Los procedimientos de prueba de hipótesis son muy útiles en el control estadístico en procesos y nos servirá para interpretar más fácilmente los gráficos de control. Una hipótesis estadística es un enunciado sobre los valores de los parámetros de una distribución de probabilidad.

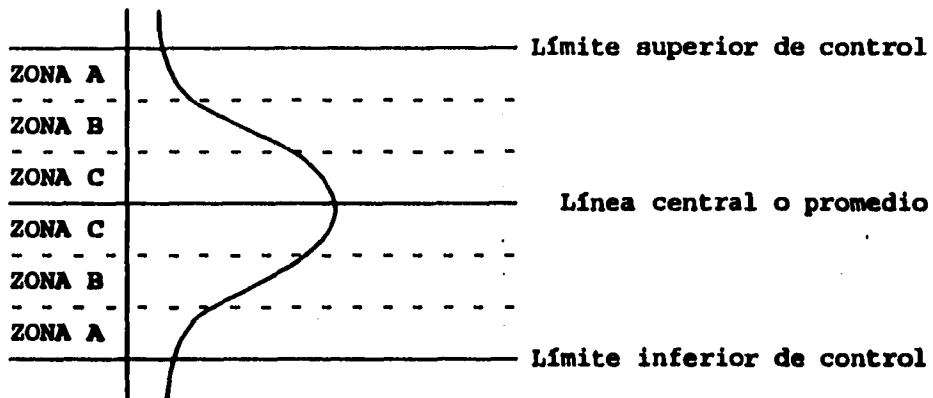
En éste caso se llama hipótesis nula al considerar que los resultados promedio se encontrarán dentro de los límites de control, e hipótesis alternativa o alternativa bilateral cuando se encuentren fuera.

A fin de probar una hipótesis, se toma una muestra aleatoria y después de evaluarla se rechaza o no la hipótesis nula, con lo que se rechaza o se aprueba el lote.

Para determinar los valores paramétricos especificados en las hipótesis nula y alternativa, frecuentemente se usa información de lotes anteriores, para especificar los valores de un parámetro correspondiente a un estado de control y

después se prueba periódicamente la hipótesis de que el valor del parámetro no ha cambiado.

El gráfico de control se divide en zonas de la siguiente manera:

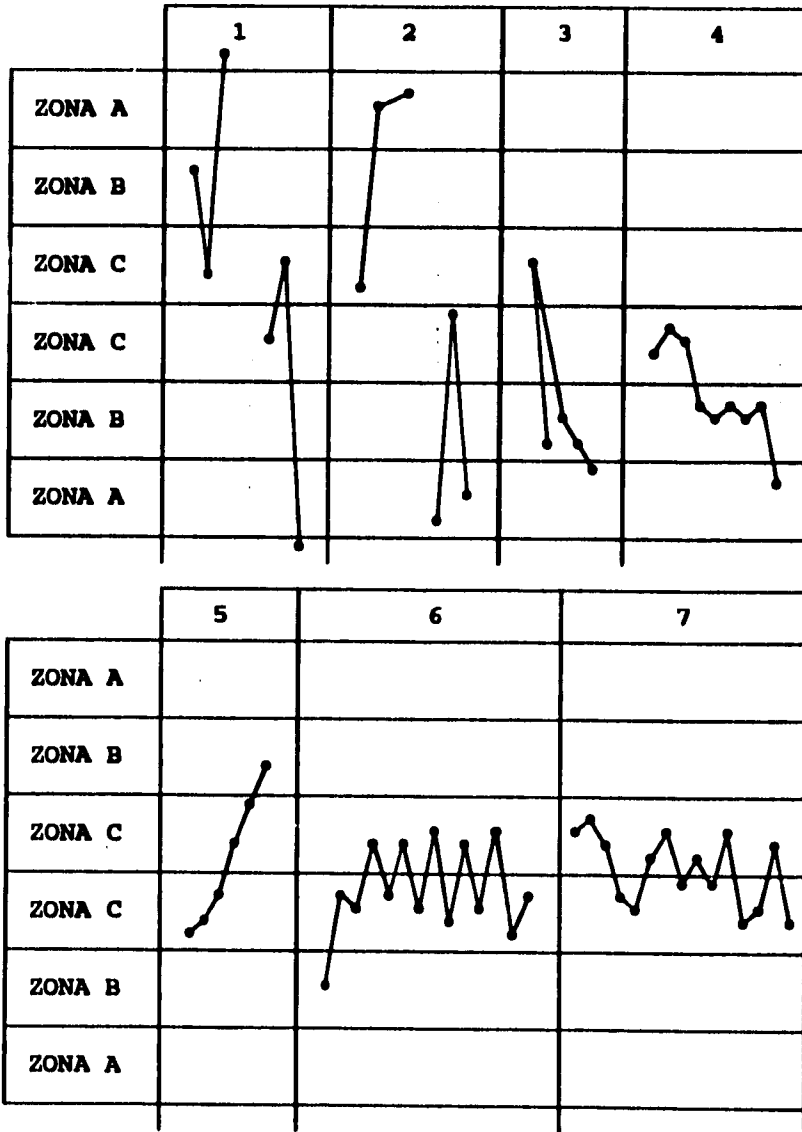


Se deben tomar acciones cuando los datos graficados muestren las siguientes tendencias:

- 1) Uno o más puntos caen fuera de los límites de control.
- 2) Dos de tres puntos consecutivos se encuentran a un mismo lado de la línea central, en la zona A o más allá.
- 3) Cuatro de cinco puntos consecutivos se encuentran a un mismo lado de la línea central en la zona B o más allá.
- 4) Nueve puntos consecutivos se encuentran a un lado de la línea central.
- 5) Seis puntos consecutivos ascendiendo o descendiendo.
- 6) Catorce puntos consecutivos ascendiendo y descendiendo alternativamente.

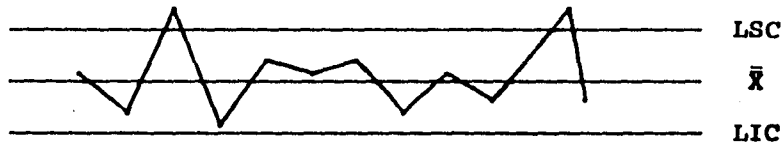
7 ) Quince puntos consecutivos dentro de la zona C, arriba y abajo de la línea central.

Estos casos se muestran a continuación:



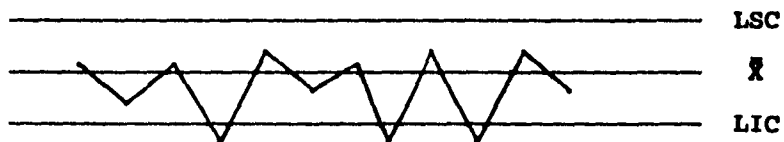
Como guía auxiliar en la interpretación de los gráficos de control se cuenta con lo siguiente:

- Puntos por encima del límite superior de control.



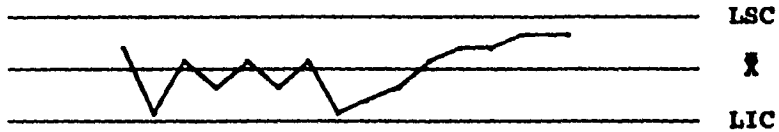
Pueden ser indicativos de que hay error de medición, cálculo o trazo, o de que existió alguna condición desfavorable para el proceso, cuya recurrencia debe evitarse mediante una acción preventiva permanente.

- Puntos por debajo del límite inferior de control.

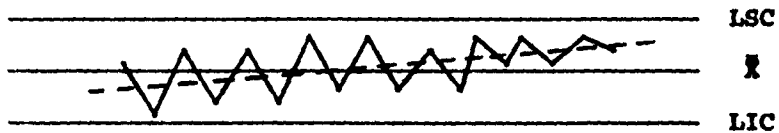


Pueden ser indicativos de que hay error de medición, o trazo, o si se trata de variables, existió alguna condición desfavorable para el proceso, cuya recurrencia debe evitarse mediante una acción preventiva permanente, si se trata de atributos, existió una condición favorable cuyo contenido debe analizarse para implantarla como medida permanente.

- Una tendencia ascendente en 7 u 8 puntos sucesivos.

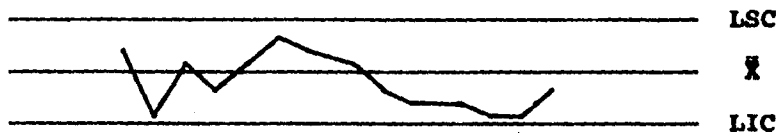


o algún tipo de tendencia ascendente

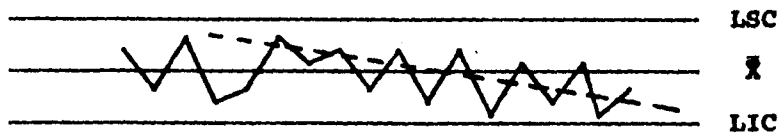


Si se trata de cartas por variables es indicativo de que la media del proceso ha aumentado, mientras que si son atributos además denota un empeoramiento del proceso.

- Una tendencia descendente en 7 u 8 puntos sucesivos.



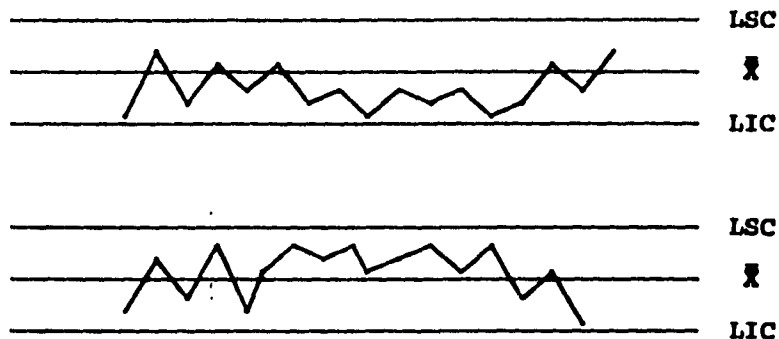
o algún tipo de tendencia descendente



Si se trata de cartas por variables es indicativo de que la media del proceso ha disminuido, mientras que si son atributos además denota una mejoría del proceso. Debe tener\_

se mucho cuidado en la interpretación de tendencias, ya que puede haber tendencias diferentes a las convencionalmente usadas.

- Puntos sucesivos por debajo o por encima de la media, generalmente 7 u 8.



Si se trata de cartas por variables puede significar que la media del proceso a disminuido o aumentado respectivamente y si se trata de atributos, además son indicativos de una mejoría o empeoramiento del proceso respectivamente.

Puede haber situaciones en las que se presentan modelos diferentes de comportamiento que indiquen con mayor anticipación que el valor medio se va a desplazar favorable o desfavorablemente, sin tratarse necesariamente de 7 u 8 puntos.

### MUESTREO DE ACEPTACION

El muestreo de aceptación es la inspección por muestras en las que se toma la decisión de aceptar o no un producto o



servicio, también la metodología que trata de los procedimientos por los que las decisiones de aceptar o no se basan sobre los resultados de la inspección de las muestras.

El muestreo de aceptación es útil en las siguientes situaciones:

- 1.- Cuando la prueba es destructiva
- 2.- Cuando es muy alto el costo de una inspección al 100 por ciento.
- 3.- Cuando una inspección al 100 por ciento no es tecnológicamente factible, o cuando se necesita tanto tiempo que la planeación de la producción se vería afectada seriamente.
- 4.- Cuando hay que inspeccionar muchos artículos, y la tasa de errores de inspección es tan alta para que una inspección al 100 por ciento pudiera dejar pasar un mayor porcentaje de artículos defectuosos que en el caso de un plan de muestreo.

Cuando se compara el muestreo de aceptación con una inspección al 100 por ciento, el primero tiene las siguientes ventajas:

- Por lo general es menos costoso, pues requiere menos inspección.
- Hay un menor manejo del producto y por lo tanto, se

servicio, también la metodología que trata de los procedimientos por los que las decisiones de aceptar o no se basan sobre los resultados de la inspección de las muestras.

El muestreo de aceptación es útil en las siguientes situaciones:

- 1.- Cuando la prueba es destructiva
- 2.- Cuando es muy alto el costo de una inspección al 100 por ciento.
- 3.- Cuando una inspección al 100 por ciento no es tecnológicamente factible, o cuando se necesita tanto tiempo que la planeación de la producción se vería afectada seriamente.
- 4.- Cuando hay que inspeccionar muchos artículos, y la tasa de errores de inspección es tan alta para que una inspección al 100 por ciento pudiera dejar pasar un mayor porcentaje de artículos defectuosos que en el caso de un plan de muestreo.

Cuando se compara el muestreo de aceptación con una inspección al 100 por ciento, el primero tiene las siguientes ventajas:

- Por lo general es menos costoso, pues requiere menos inspección.
- Hay un menor manejo del producto y por lo tanto, se

reducen los daños.

- Puede aplicarse en el caso de pruebas destructivas.

- Hay menos personal implicado en las actividades de inspección.

- A menudo reduce notablemente la cantidad de errores de inspección.

El rechazo de lotes completos en vez de la simple devolución de artículos defectuosos, constituye una fuerte motivación para que el proveedor mejore la calidad. Sin embargo, tiene también varias desventajas entre ellas están las siguientes:

- Existe el riesgo de aceptar lotes malos y rechazar lotes buenos.

- Se genera normalmente menos información sobre el producto o el proceso de fabricación.

Una clasificación importante de los planes de muestreo por aceptación es por atributos y por variables. Cada uno de éstos dos principales planes de muestreo puede efectuarse de la siguiente manera:

- Muestreo sencillo, es decir, decidir la aceptación o el rechazo de un lote de acuerdo con las unidades de una muestra tomada al azar.

- Muestreo doble, Después de una muestra inicial, se toma una decisión basada en la información de esta muestra para aceptar o rechazar el lote o tomar una segunda muestra y combinar la información de ambas para decidir la aceptación o el rechazo del lote.

- Muestreo múltiple, es una extensión del concepto de muestreo doble, en el que pueden necesitarse mas de dos muestras para llegar a una decisión del lote.

- Muestreo Secuencial, es una extensión del concepto de muestreo múltiple, en el que se toma una sucesión de muestras del lote y los resultados del proceso de muestreo de terminarán por completo el número de muestras que se toma. En teoría puede proseguir indefinidamente hasta realizarse una inspección al 100 %, sin embargo en la práctica éstos se cortan por lo regular después de que el número de artículos inspeccionados es igual a tres veces el número utilizado en un plan de muestreo sencillo. Si el tamaño de muestra seleccionado en cada etapa es uno, se le llama muestreo secuencial elemento por elemento, mientras que si es mayor que uno será muestreo secuencial grupal.

La conformación del lote puede influir en la eficacia del plan de muestreo para aceptación. Algunas consideraciones importantes para los lotes destinados a la inspección son:

- Los lotes deben ser homogéneos. Cuando no es así como sucede cuando se mezclan las salidas de dos diferentes líneas de producción, el muestreo para aceptación no funcionará como debería, complicando también la toma de acciones correctivas dirigidas a eliminar la fuente de productos defectuosos.

- Son preferibles lotes grandes. Generalmente es más económico inspeccionar lotes grandes que pequeños.

- Los lotes deben empacarse de modo que se minimicen los riesgos de embarque y manipulación para que sea relativamente fácil la selección de la muestra.

La necesidad en la industria de métodos de muestreo más efectivos, se ha visto satisfecha por la presentación de tablas estadísticas de muestreo para aceptación.

En contraste con la falta de confianza del muestreo arbitrario, los procedimientos estadísticos, son específicos y aseguran confianza. Están basados en los principios del cálculo de probabilidades, los cuales se ha traducido a gráficas y formulas disponibles para poderse emplear en el trazado de planes de muestreo individuales a fin de llenar las necesidades de las condiciones particulares de la empresa.

Se han publicado diferentes tablas estadísticas de muestreo y los planes que se han desarrollado, en una forma que los hace accesibles para su empleo general.

Entre ellas figuran: Tablas de Dodge Roming, Tablas Militares, Planes de secuencia regular, Planes de muestreo continuo, Tablas de muestreo Columbia, Muestreo en cadena, Planes saltar un lote y en auge actualmente las ISO 9000.

En muchas industrias donde se emplean métodos estadísticos, en lugar que tener que calcular sus propias tablas de muestreo, han tenido éxito con el empleo de alguna de estas tablas ya publicadas.

### TABLAS MILITARES

Durante la segunda guerra mundial se desarrollaron procedimientos estándares de muestreo para la inspección por atributos.

La norma MIL STD 105 E, es el sistema de muestreo para aceptación por atributos de mayor uso en el mundo actualmente. La versión original de la norma, la MIL STD 105 A, se expidió en 1950 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América. Desde entonces ha habido cuatro revisiones, la última versión la MIL STD 105 E, se publicó el 10 de Mayo de 1989.

La norma proporciona tres tipos de muestreo: Simple, doble y múltiple. Para cada tipo de muestreo se prevé una inspección normal, una estricta o una reducida.

Se utiliza la inspección normal al inicio de la actividad de inspección. Se establece una estricta cuando el historial de calidad se ha deteriorado. Los requisitos para la aceptación en una inspección estricta, son más severos que en una normal. Se establece una inspección reducida cuando el historial de calidad ha sido excepcionalmente bueno.

El tamaño de muestra que se usa generalmente en una inspección reducida es menor que en una normal.

El punto focal principal de la MIL STD 105 E es el nivel de calidad aceptable.

La norma distingue entre defectos críticos, mayores y menores, por lo que es posible diseñar diferentes niveles de calidad aceptable por defectos.

El tamaño muestral se determina mediante el tamaño del lote y la selección de un nivel de inspección.

Se proporcionan tres niveles de inspección. El nivel II se considera normal. El nivel I necesita alrededor de la mitad del grado de inspección que el II y es posible utilizarlo cuando se necesita menos discriminación. El nivel III requiere casi el doble de inspección que el nivel II y puede usarse cuando se necesita más discriminación.

También existen cuatro niveles especiales de inspección S1, S2, S3 y S4, éstos utilizan muestras muy pequeñas y solo

se emplean cuando se tienen o pueden tolerarse grandes riesgos de muestreo.

La MIL STD 105 E, ofrece un procedimiento para cambiar a una inspección estricta o reducida, cada vez que haya una indicación de cambio en la calidad del producto.

La MIL STD 414, es un plan de muestreo para aceptación por variables. Esta norma se introdujo en 1957, su punto focal es también el nivel de calidad aceptable. Existen cinco niveles generales de inspección, el nivel IV se considera normal. Se pueden usar niveles de inspección más bajos, cuando es necesario reducir los costos muestrales y pueden o deben tolerarse riesgos mayores.

Como en el caso de la norma para atributos, se utilizan letras código para el tamaño de la muestra, pero la misma letra no implica el mismo tamaño muestral en las dos normas.

También las clases de tamaño del lote son diferentes en ambas. El tamaño de muestra es una función del tamaño del lote y del nivel de inspección. Se dispone de tablas para inspecciones normal, estricta y reducida. Todas éstas tablas se encuentran disponibles en el libro " Control Estadístico de la calidad " Eugene L. Grant, Richard S. Leavenworth, Compañía Editorial Continental S.A. de C.V..



## OTRAS HERRAMIENTAS DE APOYO

Se cuenta también con otras herramientas que combinadas con el control estadístico en proceso, dan apoyo a la mejora continua incrementando así la calidad del producto. La elección de éstas otras herramientas, dependerá del tipo de proceso y las necesidades de la industria.

El CEP cuenta con las siguientes herramientas de apoyo: Hoja de Inspección, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa y Efecto, Diagrama de Dispersión y Costos de Calidad.

### HOJA DE INSPECCION

La hoja de inspección consiste en la recolección de datos basados en la observación de las muestras con el fin de iniciar a detectar tendencias y a tomar acciones preventivas y/o correctivas por prioridad.

Las hojas de inspección convierten las opiniones en hechos, al tener registradas las frecuencias con que ocurren ciertos eventos.

Para la elaboración de las hojas de inspección se requiere:

- a) Estar de acuerdo sobre el evento a observar, todos deben enfocarse al mismo.

b) Definir el período de recolección de datos ( horas, días, semanas, etc. ).

c) Diseñar un formato fácil de usar en el que se describan claramente todas las columnas y que haya espacio suficiente para el registro ( hoja 59 ).

d) Asegurarse de obtener datos verídicos, de la consistencia y de que se cuenta con el tiempo suficiente.

Estas hojas son el primer paso para elaborar el diagrama de Pareto.

Ver ejemplo hoja 73 y 82.

PROBLEMA	MES _____			
	1	2	3	TOTAL
	A			
B				
C				
D				
TOTAL				

## DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras verticales que ayuda a determinar el orden de importancia en la resolución de problemas ( hoja 62 ).

El diagrama de Pareto, se basa en la hoja de inspección o en otras formas de recolección de datos y nos permite dirigir esfuerzos a los problemas realmente importantes.

Los pasos para su elaboración son los siguientes:

- a) Ordenar por categorías los problemas a ser comparados.
- b) Seleccionar la unidad de medición del patrón de comparación (Costo anual, frecuencia, etc.).
- c) Seleccionar el tiempo del estudio (Horas, días, semanas, etc.).
- d) Reunir los datos necesarios para cada categoría.
- e) Comparar la frecuencia o costo de cada categoría respecto a las demás.
- f) Enumerar de izquierda a derecha sobre el eje horizontal y en orden decreciente de frecuencia.
- g) Sobre cada categoría o clasificación dibuje una ba\_

rra, cuya altura represente la frecuencia o costo de esa clasificación.

En el eje vertical izquierdo se representan las frecuencias o costos de las categorías y en el eje vertical derecho su respectivo porcentaje acumulado, cuyo cálculo se indica en la hoja 62.

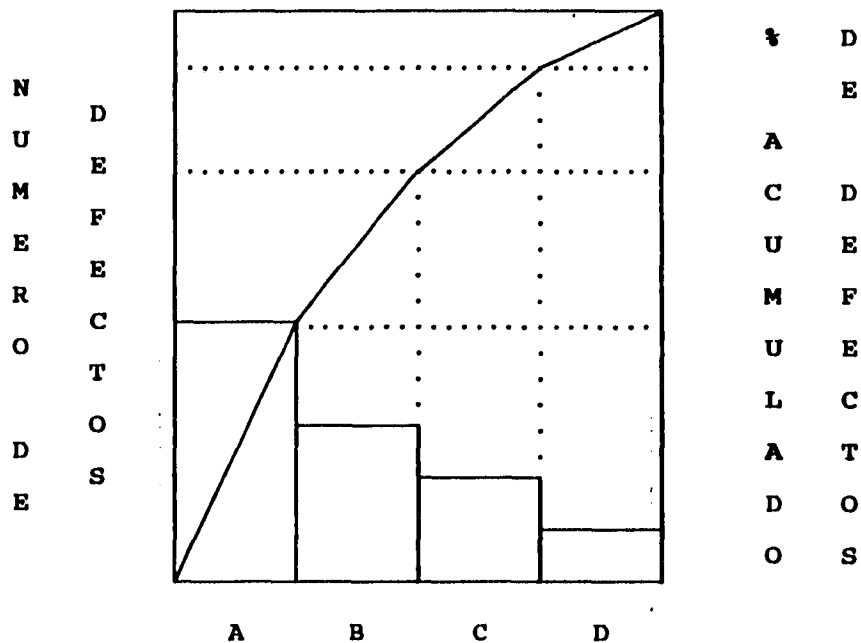
La línea acumulativa se comienza en cero y se proyecta hacia el ángulo superior derecho de la primera barra, se extiende a un punto por encima del ángulo superior derecho de la segunda barra y el valor acumulado de las barras 1 y 2 en el eje vertical. Se hace exactamente igual con las otras columnas, adicionando cada vez el valor de la nueva barra en el eje vertical.

Se debe asegurar que los ejes estén a escala, el 100 % de la escala del eje vertical derecho es equivalente al total representado en el eje vertical izquierdo.

Se debe utilizar el sentido común: No siempre los eventos más frecuentes son los más importantes, si éstos se representan por costos puede cambiar el orden de importancia.

El diagrama de Pareto identifica el problema más importante ( ver ejemplo hoja 72 y 82 ) y aplicando un diagrama de causa-efecto se identifican las causas más probables.

### DIAGRAMA DE PARETO



Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5
Defectos	Frecuencia defectos	Frecuencia acumulada	Porcentaje defectos C 2/Total	Porcentaje acumulado C 3/Total
A	a	a	%	%
B	b	a+b	%	%
C	c	a+b+c	%	%
D	d	a+b+c+d	%	100 %
TOTAL				

## DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

El diagrama de causa y efecto, conocido también como diagrama de Ishikawa o de espinas de pescado ( hoja 64 ), presenta la relación entre algún efecto y las posibles causas que lo influyen.

Se inicia con la selección del problema, éste debe ser controlable dentro del departamento o área de trabajo.

El efecto o problema se coloca al lado derecho y las causas son listadas a la izquierda.

Para cada efecto, surgirán varias categorías de causas, comúnmente se resumen en las llamadas 4 M's: Mano de obra, maquinaria, métodos y materiales.

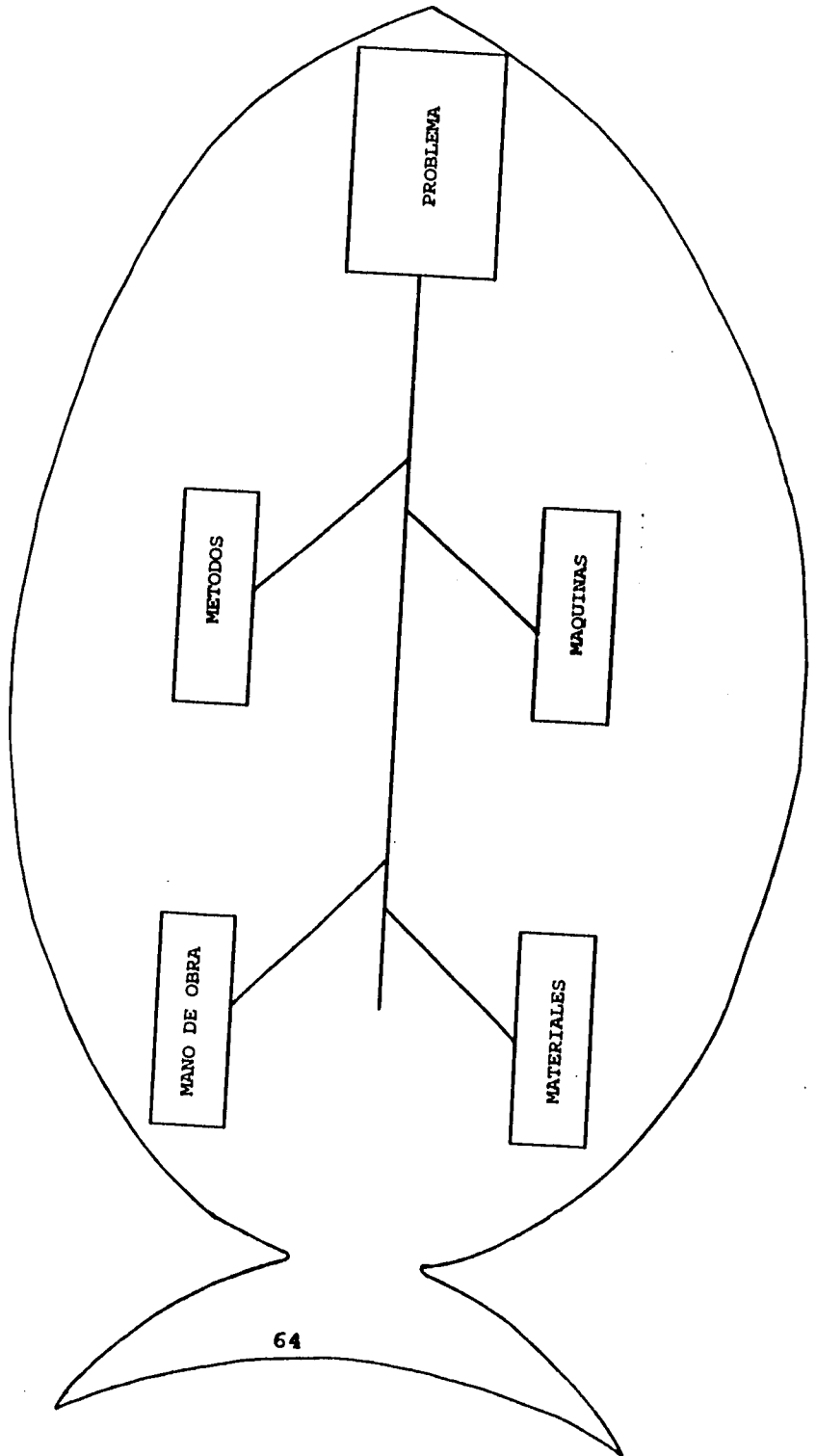
Un diagrama de causa y efecto, tendrá la forma de un esqueleto de pescado, del listado de posibles causas.

A medida que se analizan las causas, se deben considerar los cambios, así como las desviaciones de las normas o patrones.

Las posibles causas se determinan aplicando una tormenta de ideas.

Ver ejemplo hoja 73 y 84

DIAGRAMA CAUSA - EFECTO





## TORMENTA DE IDEAS

La tormenta de ideas se lleva a cabo mediante el siguiente procedimiento:

a) Seleccionar a un moderador que escribirá las ideas en un pizarrón o rotafolio, teniendo éstas visibles a todos, permitiendo crear nuevas ideas.

b) Mantener un ambiente relajado.

c) Cada participante aporta una idea por turno, independientemente de todas las que se le puedan ocurrir.

d) No todos pueden aportar una idea en su turno, si éste es el caso debe decirse " paso " .

e) Ninguna idea debe considerarse como absurda, la crítica y la subestimación tienden a limitar la creatividad del equipo.

f) Se deben generar tantas ideas como sea posible, hasta que todo el equipo diga " paso " .

g) Se seleccionan las causas más probables por medio de una votación sencilla entre los participantes, el moderador anota los votos para cada una de las ideas, sólo se votará a favor.

h) El equipo se concentra ahora en las ideas importantes, mediante una votación más, se seleccionarán las cinco causas más probables.

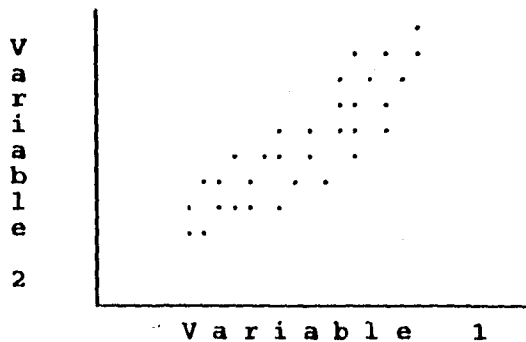
Para éstas causas se elabora un programa con responsabilidades y fechas de compromiso para eliminar el problema. En ocasiones puede ayudar el aplicar un diagrama de dispersión para analizar mejor las relaciones causa - efecto.

#### DIAGRAMA DE DISPERSION.

El diagrama de dispersión se utiliza para estudiar la posible relación entre dos variables.

Este diagrama se usa para probar relaciones entre causa y efecto, no se puede probar que una variable cause la otra, pero se aclara si existe alguna relación y la intensidad que tuviera. El diagrama de dispersión se traza de tal forma que en el eje horizontal represente los valores de una variable y en el eje vertical represente los de otra.

Un diagrama de dispersión típico sería así:

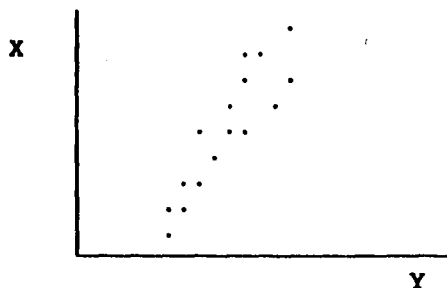


Para la elaboración de un diagrama de dispersion se siguen estos pasos:

- a) Reunir de 50 a 100 pares de datos de la información que se considere pueda estar relacionada.
- b) La variable que está siendo investigada, como posible causa, se sitúa generalmente en el eje horizontal, y la identificada como efecto en el eje vertical.
- c) Graficar los datos en el diagrama, si los valores se repiten, marcar con círculos concéntricos el punto tantas veces como sea necesario.

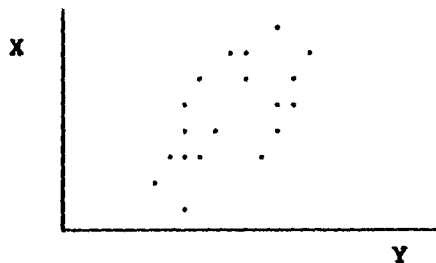
Los puntos graficados forman un patrón definido, la dirección y agrupación de los datos, nos dan idea de la fuerza de relación de ambas variables. Los tipos de patrones que se pueden tener son :

1 ) Correlación positiva.



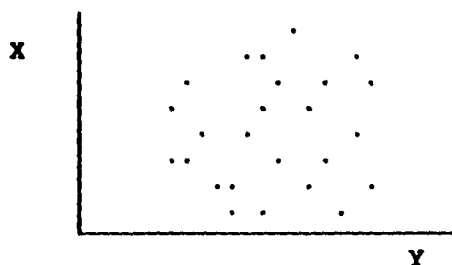
Un incremento en Y depende de un incremento en X. Si X es controlada, naturalmente Y será controlada.

2 ) Posible correlación positiva.



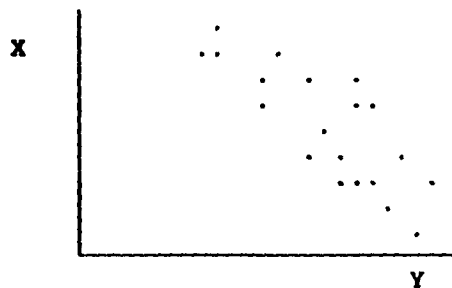
Si X aumenta, Y se incrementa positivamente un poco, aunque Y parece tener otras causas diferentes a X.

3 ) No correlación.



No hay correlación. Y puede depender de otra variable.

4 ) Posible correlación negativa.



Un aumento en X causará una tendencia negativa a disminuir Y.

5 ) Correlación negativa.



Un aumento en X causará una disminución en Y, si X es controlada, naturalmente Y será controlada.

COSTOS DE CALIDAD

Uno de los obstáculos principales para el establecimiento de un programa dinámico de calidad es la noción equivocada de que el logro de una mejor calidad requiere de costos mucho más altos.

Los costos de calidad han emergido como un medio de control financiero para la administración y con el fin de ayudar a identificar oportunidades para reducir los costos de la calidad.

Los costos en cuestión son aquellas categorías asociadas a la producción, identificación y reparación de produc\_

tos que no satisfagan con los requisitos. Muchas organiza\_ ciones de producción y servicios usan cuatro categorías de costos de calidad: Costos preventivos, de evaluación, de fa\_ llas internas y de fallas externas.

Costos preventivos: Están relacionados con los esfuer\_ zos en el diseño y la producción, encaminados a prevenir el incumplimiento de las especificaciones. Los costos preven\_ tivos son todos aquellos que se presentan al tratar de hacer las cosas bien desde el principio.

Costos de evaluación: Son los costos relacionados con la medición, revisión de productos y materiales.

Costos de fallas internas: Se incurre en éstos costos cuando los productos, componentes, materiales y servicios no satisfacen los requisitos y se descubren éstas fallas antes de entregar el producto al consumidor. Estos costos desapa\_ recerían si el producto no tuviera defectos.

Costos de fallas externas: Se presentan cuando el pro\_ ducto no funciona satisfactoriamente después de ser entrega\_ do al consumidor. Estos costos desaparecerían si todos los productos fueran conformes con los requisitos.

Al analizar los costos de calidad y formular planes pa\_ ra reducirlos, es importante hacer notar el cometido que de\_ sempeñan la prevención y la evaluación. Muchas organizacio\_

nes gastan demasiado de su presupuesto en la evaluación y no lo suficiente en la prevención. Resulta mucho menos costoso prevenir errores que corregirlos, desecharlos o darles servicio.

EJEMPLOS



Durante un proceso de tableado, se obtuvieron las siguientes muestras de 5 tabletas cada una, tomadas cada 30 minutos.

Como ejemplo consideraremos 24 muestras.

PESO EN GRAMOS

---

1.061	1.053	1.057	1.031	1.063	1.060
1.063	1.042	1.048	1.062	1.050	1.066
1.056	1.045	1.038	1.054	1.054	1.056
1.044	1.048	1.060	1.055	1.043	1.048
1.079	1.047	1.055	1.060	1.055	1.072
1.051	1.047	1.056	1.046	1.057	1.061
1.030	1.052	1.064	1.059	1.053	1.069
1.049	1.056	1.066	1.054	1.037	1.038
1.053	1.054	1.043	1.055	1.070	1.054
1.049	1.075	1.038	1.057	1.049	1.053
1.054	1.055	1.063	1.051	1.045	1.056
1.030	1.045	1.052	1.040	1.049	1.058
1.062	1.068	1.068	1.056	1.074	1.056
1.053	1.053	1.051	1.057	1.058	1.074
1.051	1.044	1.039	1.036	1.050	1.053
1.065	1.048	1.062	1.061	1.064	1.063
1.056	1.061	1.051	1.056	1.052	1.052
1.060	1.043	1.067	1.044	1.068	1.051
1.047	1.046	1.053	1.053	1.054	1.070
1.046	1.039	1.057	1.060	1.043	1.059

---

Los límites especificados para esta variable son:

$$\text{LSE} = 1.082 \text{ g}$$

$$\text{LIE} = 1.018 \text{ g}$$

## HISTOGRAMA

Rango = Valor máximo - Valor mínimo

Rango = 1.079 - 1.030 = 0.049

Contamos con 120 datos

( De 100 a 250 datos : 7 a 12 clases )

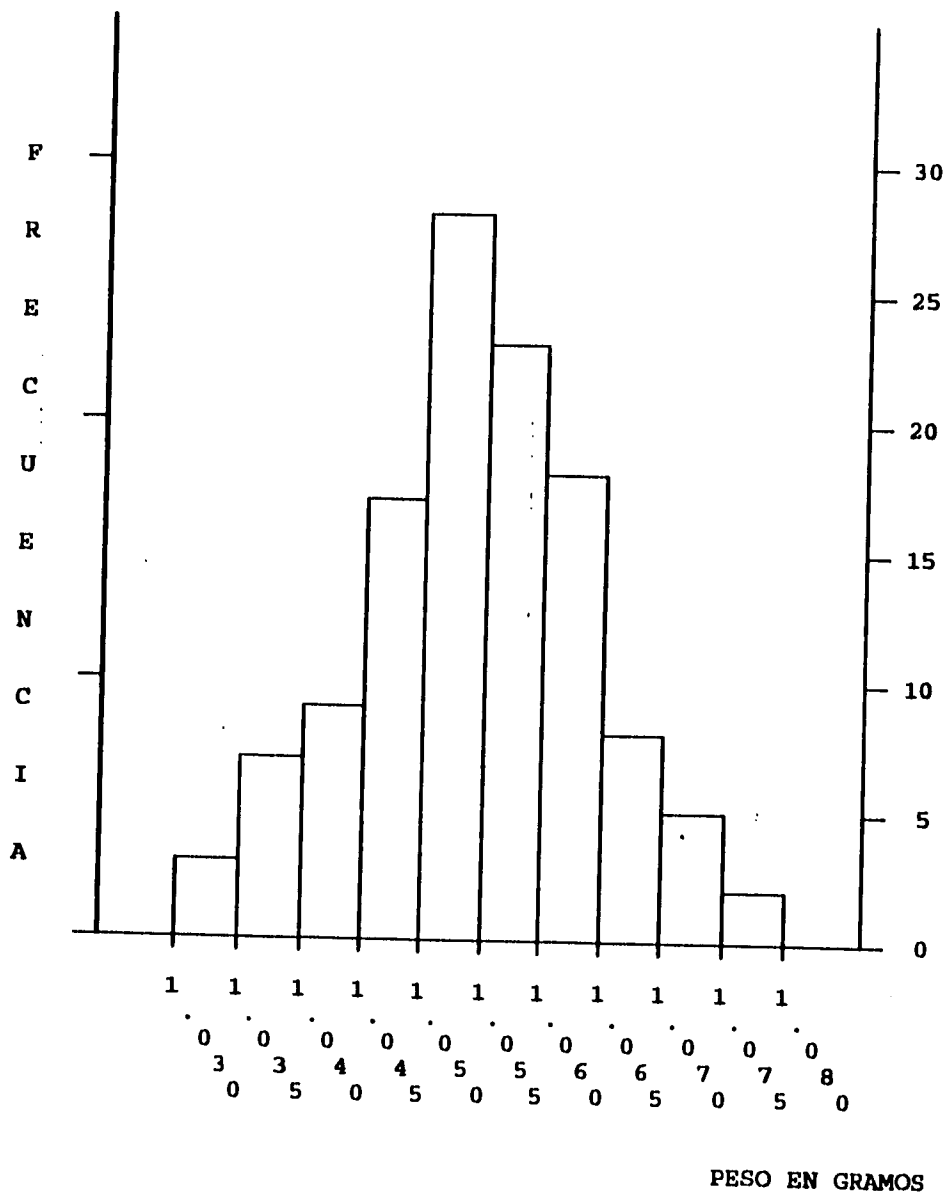
Considerar el número de clase = 10

Intervalo de clase =  $0.049 / 10 = 0.0049$

Intervalo de clase = 0.005

<u>Límite de clase</u>	<u>Distribución</u>	<u>Frecuencia</u>
1.030 -- 1.034		3
1.035 -- 1.039		7
1.040 -- 1.044		9
1.045 -- 1.049		17
1.050 -- 1.054		28
1.055 -- 1.059		23
1.060 -- 1.064		18
1.065 -- 1.069		8
1.070 -- 1.074		5
1.075 -- 1.079		2
		<hr/> 120

# HISTOGRAMA



CAPACIDAD DE PROCESO

$$\bar{X} = 1.054$$

$$\text{Desviación estándar} = 0.009$$

$$CP = \frac{1.082 - 1.018}{6 \times 0.009} = \frac{0.064}{0.054}$$

$$CP = 1.18$$

$$CCP_{LSE} = \frac{1.082 - 1.054}{3 \times 0.009} = \frac{0.028}{0.027}$$

$$CCP_{LSE} = 1.037$$

$$CCP_{LIE} = \frac{1.054 - 1.018}{3 \times 0.009} = \frac{0.036}{0.027}$$

$$CCP_{LIE} = 1.333$$

$$CPK = 1.037$$

El proceso es escasamente capaz, requiere acciones para disminuir la variabilidad y evitar que se produzcan tabletas con peso fuera de los límites especificados, sobre todo por el lado de la especificación superior.

CARTA DE CONTROL  $\bar{X}$  - R

	1.061	1.053	1.057	1.031	1.063	1.060
	1.063	1.042	1.048	1.062	1.050	1.066
	1.056	1.045	1.038	1.054	1.054	1.056
	1.044	1.048	1.060	1.055	1.043	1.048
	1.079	1.047	1.055	1.060	1.055	1.072
$\bar{X}$	1.060	1.047	1.051	1.052	1.053	1.060
R	0.035	0.011	0.022	0.031	0.020	0.024

	1.051	1.047	1.056	1.046	1.057	1.061
	1.030	1.052	1.064	1.059	1.053	1.069
	1.049	1.056	1.066	1.054	1.037	1.038
	1.053	1.054	1.043	1.055	1.070	1.054
	1.049	1.075	1.038	1.057	1.049	1.053
$\bar{X}$	1.046	1.056	1.053	1.054	1.053	1.055
R	0.023	0.028	0.028	0.013	0.033	0.031

	1.054	1.055	1.063	1.051	1.045	1.056
	1.030	1.045	1.052	1.040	1.049	1.058
	1.062	1.068	1.068	1.056	1.074	1.056
	1.053	1.053	1.051	1.057	1.058	1.074
	1.051	1.044	1.039	1.036	1.050	1.053
$\bar{X}$	1.050	1.053	1.054	1.048	1.055	1.059
R	0.032	0.024	0.029	0.021	0.029	0.021

	1.065	1.048	1.062	1.061	1.064	1.063
	1.056	1.061	1.051	1.056	1.052	1.052
	1.060	1.043	1.067	1.044	1.068	1.051
	1.047	1.046	1.053	1.053	1.054	1.070
	1.046	1.039	1.057	1.060	1.043	1.059
$\bar{X}$	1.054	1.047	1.058	1.054	1.056	1.059
R	0.019	0.022	0.016	0.017	0.025	0.019

$$n = 5$$

$$k = 24$$

$$\bar{X} = 1.054$$

$$\bar{R} = 0.023$$

De la tabla de la hoja 37 obtenemos los siguientes datos:

$$A_2 = 0.577$$

$$D_3 = 0.000$$

$$D_4 = 2.114$$

Podemos entonces calcular los límites de control

$$LSC_{\bar{X}} = 1.054 + (0.577)(0.023)$$

$$LSC_{\bar{X}} = 1.067$$

$$LIC_{\bar{X}} = 1.054 - (0.577)(0.023)$$

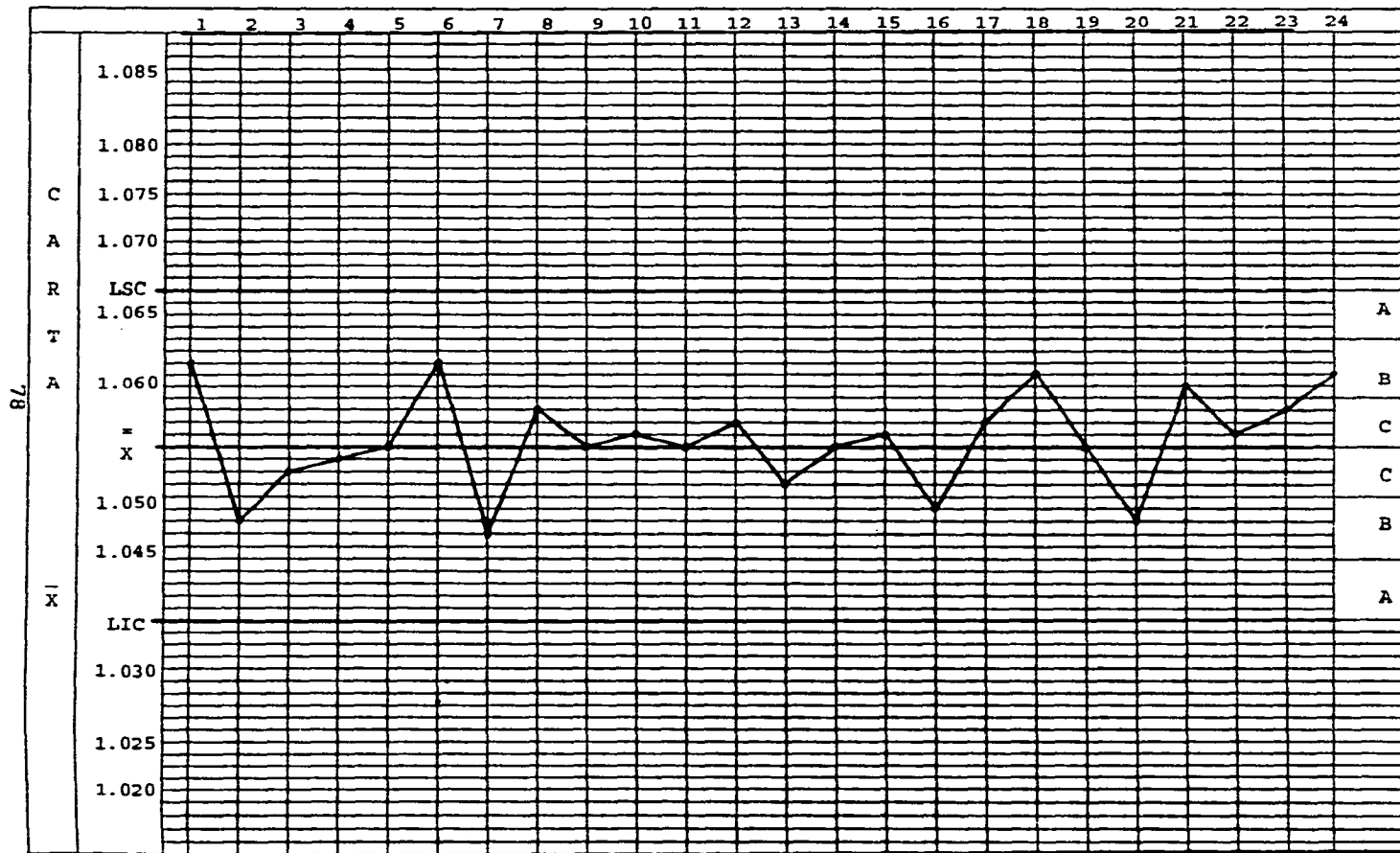
$$LIC_{\bar{X}} = 1.040$$

$$LSC_R = (2.114)(0.023)$$

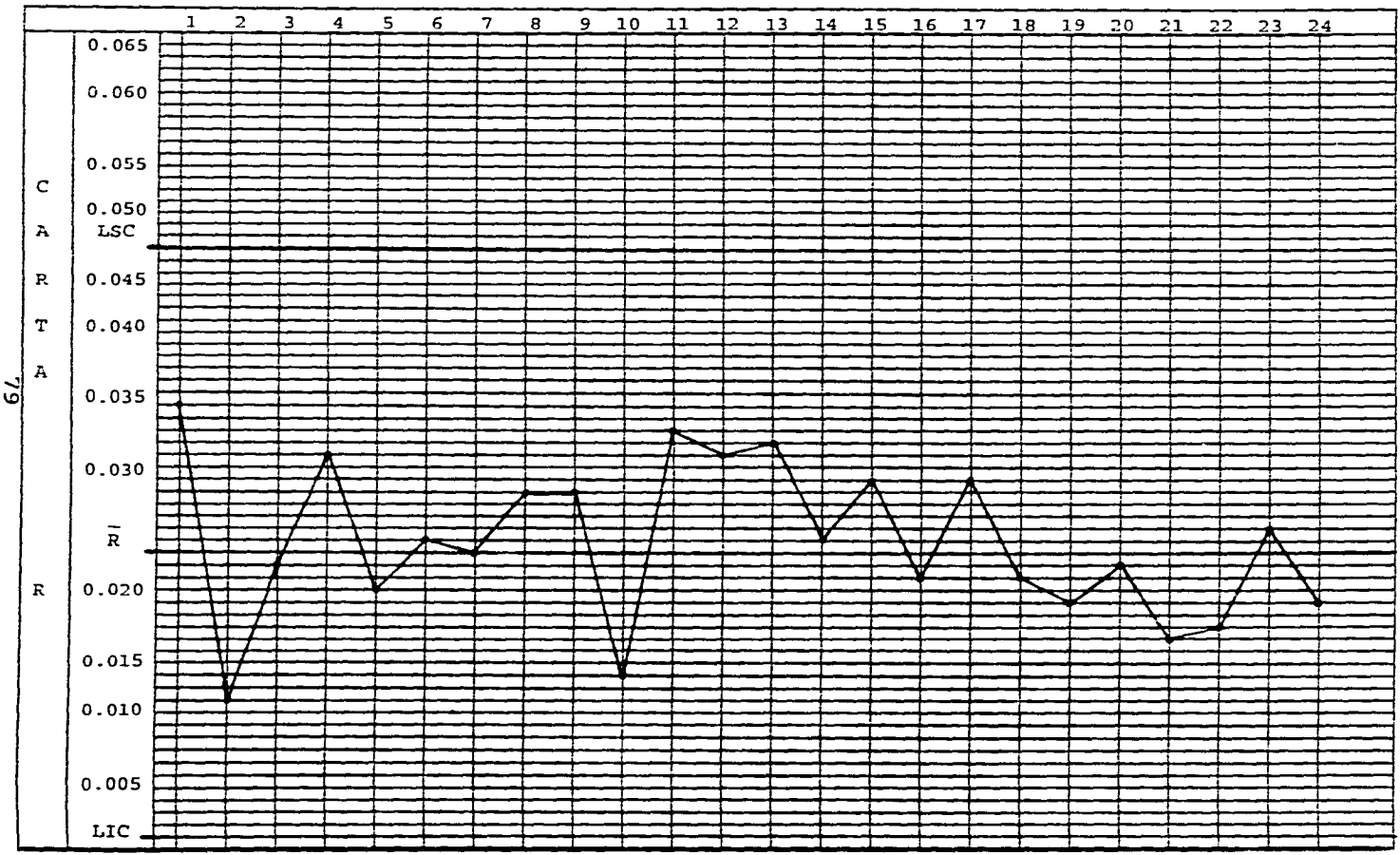
$$LSC_R = 0.048$$

$$LIC_R = (0.000)(0.023)$$

$$LIC_R = 0.000$$



EXTRA TESTS ON PERIOD  
SAMPLING OF 1A





Al analizar la carta  $\bar{X}$ -R, observamos que no presenta tendencias, nuestro proceso se encuentra bajo control. Sin embargo, del estudio de capacidad de proceso obtuvimos un cpk de 1.037, por lo que se requiere tomar acciones.

Consideremos que los principales problemas de la falta de capacidad de este ejemplo, obtenidas a través de una tormenta de ideas, se encuentran en:

- A) Mantenimiento.
- B) Capacitación.
- C) Ajuste de máquina.
- D) Calibración de balanza.
- E) Materias primas alternas.

Después de verificar durante un período de tiempo establecido estos problemas, se obtiene la siguiente información en una hoja de inspección.

HOJA DE INSPECCION

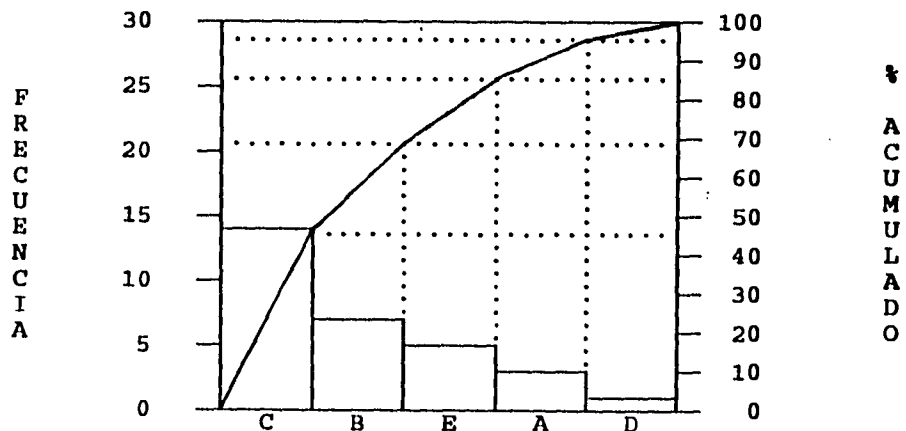
18

P R O B L E M A	M E S _____ X _____			
	1	2	3	T O T A L
A) MANTENIMIENTO	/	/	/	3
B) CONSULTA A SUPERVISOR	//	///	//	7
C) AJUSTE DE MAQUINA	////	////	////	14
D) CALIBRACION DE BALANZA		/		1
E) MATERIAS PRIMAS ALTERNAS	/	//	//	5
T O T A L	9	11	10	30

DIAGRAMA DE PARETO

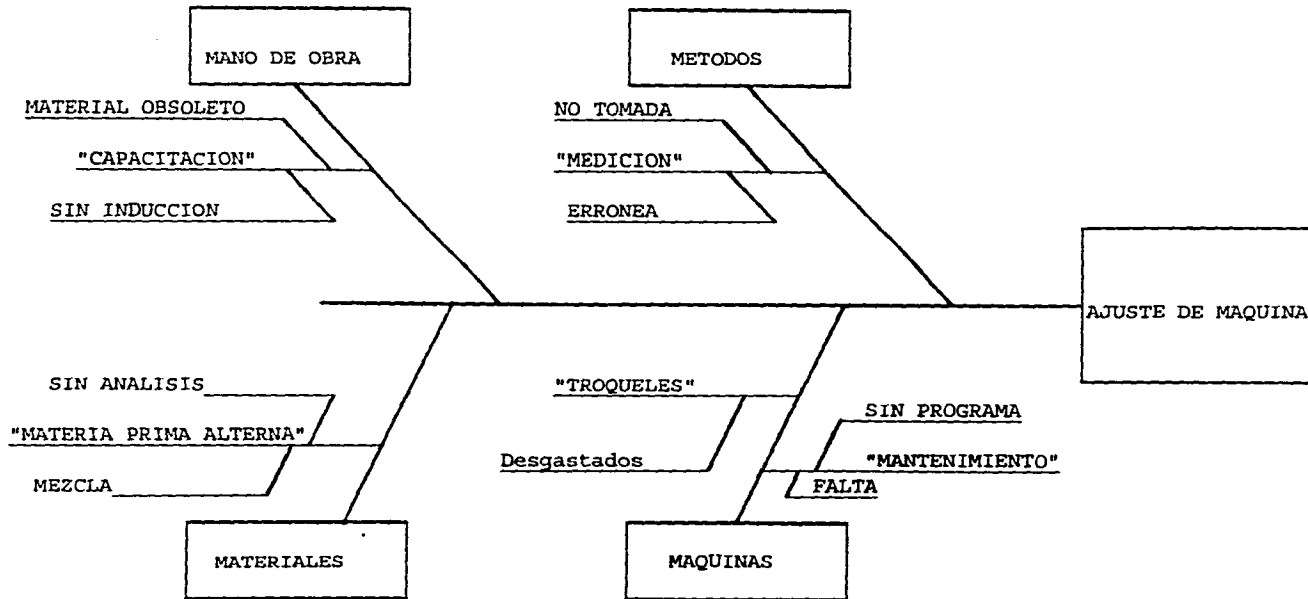
Aplicando un diagrama de Pareto a los datos indicados en la hoja de inspección, se determina el principal problema por orden de prioridad.

Problema	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Por ciento	Por ciento acumulado
C	14	14	46.66 %	46.66 %
B	7	21	23.33 %	70.00 %
E	5	26	16.66 %	86.66 %
A	3	29	10.00 %	96.66 %
D	1	30	3.33 %	100.0 %
Total	30			



El principal problema a eliminar es el ajuste de máquina, apliquemos ahora un diagrama de causa-efecto, para "atacar" las causas más probables.

DIAGRAMA CAUSA - EFECTO



Al realizar la votación sobre el diagrama causa-efecto, el equipo de trabajo considera que se requiere adquirir troqueles y dar seguimiento a un programa de mantenimiento preventivo.

Al llevar a cabo estas acciones, se tendrá una probabilidad alta de eliminar el problema y se estará en vías de la mejora continua.

CONCLUSIONES

La necesidad de tener un sistema de calidad para producir mejores productos, se ve reflejada por la creciente competitividad industrial.

Las prácticas que han llevado al éxito en el pasado, demandan un cambio no por moda sino por la necesidad de oportunidades de prosperidad en el presente pero sobre todo en el futuro.

Debe existir un cambio en las actitudes y los hábitos de trabajo individual y en la manera como la compañía define sus valores y metas en la conducción de sus operaciones.

El mejoramiento de la calidad se alcanza cuando todos hacen las cosas bien desde la primera vez, para lo cual se requiere establecer los requisitos que se deben cumplir, suministrar los medios ( Por ejemplo, técnicas estadísticas ) para cumplirlos y dedicar todo el tiempo necesario a estimular y ayudar al personal para dar cumplimiento a esos requisitos.

La búsqueda continua de cómo hacer mejor las cosas debe convertirse en una forma de vida.

Las compañías de calidad se caracterizan por la sencillez y aplicabilidad de sus herramientas.

Es importante conocer las técnicas pero más aún el sa

ber aplicarlas, sacar conclusiones y tomar las acciones necesarias para mejorar un proceso.

El control estadístico en proceso es la herramienta primordial en todo sistema de calidad.

Para obtener resultados positivos con el control estadístico en proceso se requiere de un cambio de mentalidad, convicción, disciplina y constancia a todos los niveles.

Debe tenerse cuidado si la administración de una empresa habla orgullosamente de tener un programa de CEP, cuando en realidad sólo tiene calidad disfrazada, esto es, la compañía aparenta tener implementado el control estadístico en proceso, pero no lo tiene.



## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS

Cómo Mejorar La Calidad Y La Productividad Con El Método  
Deming.

Howard S. Gitlow, Shelly J. Gitlow.

Editorial Norma, 1989.

Control Estadístico De Calidad

Eugene L. Grant, Richard S. Leavenworth.

Cia. Editorial continental S.A. de C.V., 1990.

Control Estadístico De La Calidad

Douglas C. Montgomery

Grupo Editorial Iberoamérica, 1991.

Control Total De La Calidad

Armand V. Feingenbaum

Cia. Editorial Continental S.A. de C.V., 1995.

Formación De Inspectores De Control De Calidad.

Instituto Mexicano de Control de Calidad

I.M.E.C.C.A., 1984.

Hágalo Bien Desde El Principio.

Carlos Rodriguez C., María García D., Francisco Lara T.

Editorial Diana, 1988.

Introducción A La Estadística Matemática.

Erwin Kreyszig.

Editorial Limusa, 1979.

La Calidad No Cuesta

Philip B. Crosby

Cia Editorial Continental S.A. de C.V., 1991.

La Inspección Y El Control De La Calidad

Antonio Sánchez Sánchez.

Editorial Limusa, 1983.

Los Métodos De La Calidad Total

Patrick Lyonnet

Ediciones Diaz de Santos S.A., 1989.

Productivity And Quality Improvement.

John L. Hradesky

Mc Graw-Hill, 1988.

#### MANUALES

Texto Básico Para Control Estadístico En Proceso.

Juan Manuel Moreno Montaña, Alfonso Martín Del Campo

Celanese Mexicana S. A., 1987.

Capacidad Del Proceso.

Keiko Toda de Miyamoto, Rubén Ruiz M., Juan M. Moreno M.

Celanese Mexicana S. A., 1987.

Manual De Herramientas Básicas Para El Análisis De Datos.

GOAL / Q. P. C., 1988.

Military Standard 105 E

Department of defence. United States of America, 1989.

REVISTAS

La Calidad Y Sus Evidencias Estadísticas En El Proceso: Fundamento de la competitividad y la satisfacción del cliente.

José Antonio Chico Morales, Jorge Herrera Ordoñez.

Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A. C., Enero-Feb.

Pag's. 41 a 48; 1991.