



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

**Fundamentos Teóricos de los
Gráficos de Control y su
Aplicación**

T E S I S

Que para obtener el título de :

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a :

ERNESTO MATA HERRERA

Director: Ing. Roberto E. López Infante

México, D. F.

1986





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.....	1
ANTECEDENTES DEL CONTROL DE CALIDAD.....	3
PRINCIPIOS DEL CONTROL DE CALIDAD.....	6
FUNCION DE CONTROL DE CALIDAD.....	15
CONCEPTOS ESTADISTICOS.....	20
ANALISIS GENERAL DEL CONTROL DE CALIDAD.....	21
MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL.....	29
MEDIDAS DE DISPERSION.....	30
IMPORTANCIA DEL USO DE LAS TECNICAS ESTADISTICAS.....	39
DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD.....	46
ASPECTOS GENERALES.....	46
CONCEPTOS DE LOS GRAFICOS.....	57
DECISIONES PREVIAS AL USO DE LOS GRAFICOS.....	60
DESCRIPCION DE UNA GRAFICA DE CONTROL.....	62
ELABORACION DE LOS GRAFICOS DE CONTROL.....	64
GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLE.....	69
CALCULOS DE LOS LIMITES DE CONTROL DE ACUERDO CON LAS MEDIAS DEL PROCESO.....	70
ELABORACION DE LA GRAFICA DE CONTROL \bar{X} - R.....	72
INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO.....	72
INTERPRETACION DE LA HABILIDAD DEL PROCESO....	73
CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL, BASANDOSE EN LOS LIMITES DE ESPECIFICACIONES.....	79
ASPECTOS ADICIONALES DE LOS GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES.....	81

GRAFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS.....	83
GRAFICO P.....	85
GRAFICO C.....	95
GRAFICO U.....	96
APLICACION DE LOS GRAFICOS EN EL AREA DE MAQUINA- DO.....	99
HOJAS DE CONTROL.....	105
AUDITORIAS DEL PRODUCTO.....	124
INSPECCION.....	137
CONCLUSIONES.....	146
BIBLIOGRAFIA.....	148

PROLOGO

Las gráficas de control son una de las más poderosas herramientas de la estadística para el control de los procesos, proporciona un método de comunicación directa, oportuna y permite una evolución de la estabilidad y habilidad del proceso para cumplir con las especificaciones del producto.

La utilización de técnicas estadísticas no es de ninguna manera un "remedio general" aplicable a cada problema corporativo, no obstante se les puede acoger como una sistematización racional, lógica y organizada que asegura una mejora continúa en la productividad y calidad del producto.

El objetivo primordial del tema a tratar es el de describir el uso de los métodos estadísticos, especialmente para el control de procesos enfatizando en una técnica en particular como es los gráficos de control.

Los conceptos aquí mencionados son tratados en forma sencilla, ya que solamente se trata de tener una relación lógica que describa la secuencia y enlace que existe, por lo que de ninguna manera podrá sustituirse por una instrucción completa de probabilidad y estadística; la experiencia ha demostrado que cada caso se debe atacar en forma diferente, aun aplicando los mismos conceptos generales, por lo que se deben tomar en consideración los diversos factores que afecten a un problema particular para poder obtener resultados positivos.

Por lo tanto, y con el único fin de que pueda servir esta pequeña aportación a quienes de alguna manera están involucrados con los sistemas de calidad, pongo a consideración este trabajo que además me ofrece la oportunidad de lograr mi objetivo.

INTRODUCCION

Con frecuencia se escuchan comentarios acerca de que el éxito de -- una empresa radica esencialmente en la fabricación de productos de alta calidad y bajo precio, pero la buena calidad de un producto no se logra solo con el deseo de obtenerla, sino que requiere de una serie de actividades y factores que deben ser conjugados y coordinados por el elemento más importante, el ser humano, que debe reunir las siguientes características: responsable, conciente, capaz y con el pleno conocimiento de los parámetros y objetivos que se pretenden, así como de las técnicas -- más innovadas e idóneas para cumplir sus objetivos.

En el país, desde hace mucho tiempo, se padece un grave problema en el aspecto de control de calidad industrial, del cual se ha hecho caso -- omiso a través de los años, pero que en esta época se vislumbra como -- una alternativa viable para alcanzar la productividad y hacer rentable la -- industria.

La filosofía actual de la calidad ligada íntimamente a la productividad está cobrando importancia entre algunos industriales, a raíz de las experiencias vividas por algunos países desarrollados, sobre todo Japón, con su actuación sobresaliente en la búsqueda de la productividad; el problema es que no todos los empresarios del país están concientes de esta imperiosa necesidad, ni todas las personas que de alguna manera influyen -- en la calidad de un producto quieren o pueden cambiar su mentalidad y ad

quirir los conocimientos necesarios para alcanzar la tan anhelada "calidad-productividad", para esto se requiere educación, pero no solo para adquirir los conocimientos técnicos y/o administrativos sobre control de calidad, sino también y principalmente para cambiar mentalidades y conceptualizar correctamente "la calidad".

En la producción de productos y servicios, la cantidad producida afecta al costo y a la calidad, normalmente la primera unidad que se fabrique es muy costosa y la planeación, redistribución y reubicación de las instalaciones de producción, la compra de los componentes, la venta y la facturación, se realizan, ya sea que se vaya o no a repetir la producción.

A pesar de que los costos de producción por lo general son altos, la conveniencia de este primer artículo es quizá menor que la de los siguientes, ya que por lo general los costos unitarios disminuyen y la calidad tiende a mejorar a medida que se producen las siguientes unidades, esto se debe a los errores de producción como los de calidad que se descubren y corrigen por medio de especificaciones y diseños de los productos posteriores.

A medida que aumenta la industrialización en un país, los fabricantes deben aumentar la calidad de un producto para hacer frente a la competencia interna y/o externa.

Hasta hace todavía pocos años, el control de calidad se reducía a la simple labor de inspección, separando lo bueno de lo malo, acto que en nada beneficia al productor, porque si es cierto que esta inspección evita reclamaciones por parte del comprador, desde el punto de vista de calidad, el producto sigue siendo el mismo porque la calidad no se inspecciona, la calidad se fabrica.

Si la calidad se define como todas aquellas propiedades o características que va tomando el artículo a través de los diferentes pasos del proceso, dándole ese grado de bondad que determina su utilidad, es lógico pensar que en cada uno de ellos deberá procederse a controlar aquellas características dudosas que no se ajusten a lo especificado por el departamento de diseño y para ello, habrá necesidad de aplicar las gráficas de control.

ANTECEDENTES DEL CONTROL DE CALIDAD.

La historia del control de calidad se remonta, sin duda alguna, a los primeros esfuerzos de producción del ser humano. Con toda Seguridad un producto que cumpliera con su cometido debe haber sido motivo suficiente de orgullo para su fabricante y una frustración en caso contrario.

Durante la edad media se popularizó la costumbre de poner marca a los productos y con esta práctica se desarrolló el interés de mantener una buena reputación asociada con la marca.

La Revolución Industrial trajo consigo el sistema de fabricas y la especialización del trabajo; es un hecho que dicha especialización puede dar por resultado una mayor cantidad de producción a partir de un número da do de hora-hombre, e incluso es posible hacerlo sin sacrificar la calidad; no obstante, con la distribución del trabajo, la calidad se ve generalmente afectada, ya que la persona cuya tarea consiste en apretar tornillos o colo car un soporte hora tras hora, día tras día, mes tras mes, tiende a per der identidad con el producto debido a la monotonía que embota los senti dos y la calidad se deteriora, el orgullo personal que imprime al produc to disminuye si su trabajo abarca exclusivamente una mínima parte de la producción, por lo que la única recompensa que recibe el trabajador por su labor es un salario, que básicamente está en función de la cantidad - producida y no de la calidad.

Una de las primeras soluciones al problema de controlar la calidad - fue inspeccionar el producto después de fabricarlo, la inspección final es aún una etapa necesaria de casi todos los programas de control de cali dad, sin embargo es obvio que la buena calidad no se puede apreciar en el interior de un producto; cualquiera que sea la calidad interna, ésta se ha logrado a lo largo del proceso de fabricación.

El objetivo de la inspección es simplemente señalar los productos que no se ajusten a los estándares deseados, por lo que, el control de calidad se enfoca cada vez más al exámen de los procesos diseñados para la fabri cación del producto, y la inspección se ha convertido en el principal medio

para la recopilación de datos valederos para sentar las bases del control.

El control de calidad se inició formalmente en el año de 1924, en los laboratorios de la Bell Telephone Company, el Dr. Walter A. Shewhart -- fué quien inició la técnica de marcar datos estadísticos en gráficas especiales, de tal manera que ayudaran al control de la calidad.

Posteriormente, en la misma década, H. F. Dodge y H. G. Roming, de los mismos laboratorios, comenzaron a trabajar con miras a la publicación final de las tablas Dodge-Roming de muestreo de aceptación.

A pesar de la comprobada efectividad el control estadístico de la calidad, se tardó bastante tiempo en aceptar estas nuevas técnicas, sin embargo, la industria obligada por las necesidades de la guerra comenzó a usar el control estadístico de la calidad en la segunda guerra mundial, ya que las exigencias de los gobiernos requerían gran cantidad de material de una calidad especial, por lo que se hizo inevitable el uso de este nuevo método del control de la calidad.

Como es importante la comunicación para intercambiar ideas y conocimientos, en 1944 apareció la revista Industrial Quality Control, en el año de 1946, se formó la American Society for Quality Control (ASQC) que tomó a su cargo la revista mencionada anteriormente, que en 1968 se le cambió el nombre a Quality Progress y al año siguiente se inició la publicación de un suplemento llamado Journal of Quality Technology que publica la mayoría de los avances, desarrollos y perfeccionamientos recientes.

PRINCIPIOS DEL CONTROL DE CALIDAD.

Una interpretación de los principios que se verán a continuación, son consecuencia de las experiencias con que se ha encontrado la industria -- actual, con relación al control de calidad desde el punto de vista administrativo y que se pueden considerar como un conjunto de reglas operantes en la organización de un programa de control de calidad y que generaliza las condiciones de una empresa.

- a) La palabra calidad no tiene el significado popular de lo mejor -- en sentido absoluto, quiere decir "mejor para el consumidor dentro de ciertas condiciones", y estas condiciones son:
- Su uso actual.
 - El precio de venta del producto.
- o sea que la calidad del producto debe considerarse como algo íntimamente relacionado con el costo del mismo.
- b) La palabra control representa un instrumento para uso de ejecuti--vos y encierra los siguientes aspectos:
- Establecimiento de estándares de calidad,
 - Estimación de la concordancia con los estándares,
 - Acción cuando se sobrepasan los estándares,
 - Proyectos para el mejoramiento de los estándares.
- c) El control de la calidad es un auxiliar, no un sustituto de los trabajos de diseño, ni de los buenos métodos de producción, ni tampoco

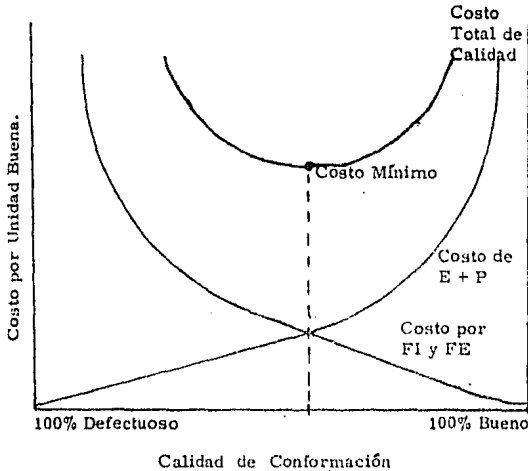
de la acuciosa actividad en la inspección, siempre requeridos en la elaboración de artículos de alta calidad.

- d) Determinados costos asociados con el control de calidad y con el mejoramiento del producto, suministran medios para estimar y optimizar las actividades del control de calidad; estos costos se conocen con el nombre de costos operativos de la calidad y se pueden, por conveniencia de análisis de control, distribuir en cuatro clasificaciones como se muestra en las figuras 1 y 2.

FIGURA No. 1. Aplicación de los Costos a la Unidad Monetaria.

CONCEPTO	\$	CONSECUENCIA
I Fallas Internas.	25 - 40%	<ul style="list-style-type: none"> - Desperdicios. - Reproceso. - Inspección 100%. - Exceso de Costo de Manufactura.
II Fallas Externas.	25 - 40%	<ul style="list-style-type: none"> - Quejas de los Clientes. - Devoluciones. - Demandas Legales.
III Evaluación.	10 - 30%	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección en Recibo. - Pruebas. - Certificación de Proveedores. - Auditorías.
IV Prevención.	2 - 5%	<ul style="list-style-type: none"> - Planeación de Garantía - Desarrollo e investigación. - Proceso. - Capacitación y Adiestramiento.

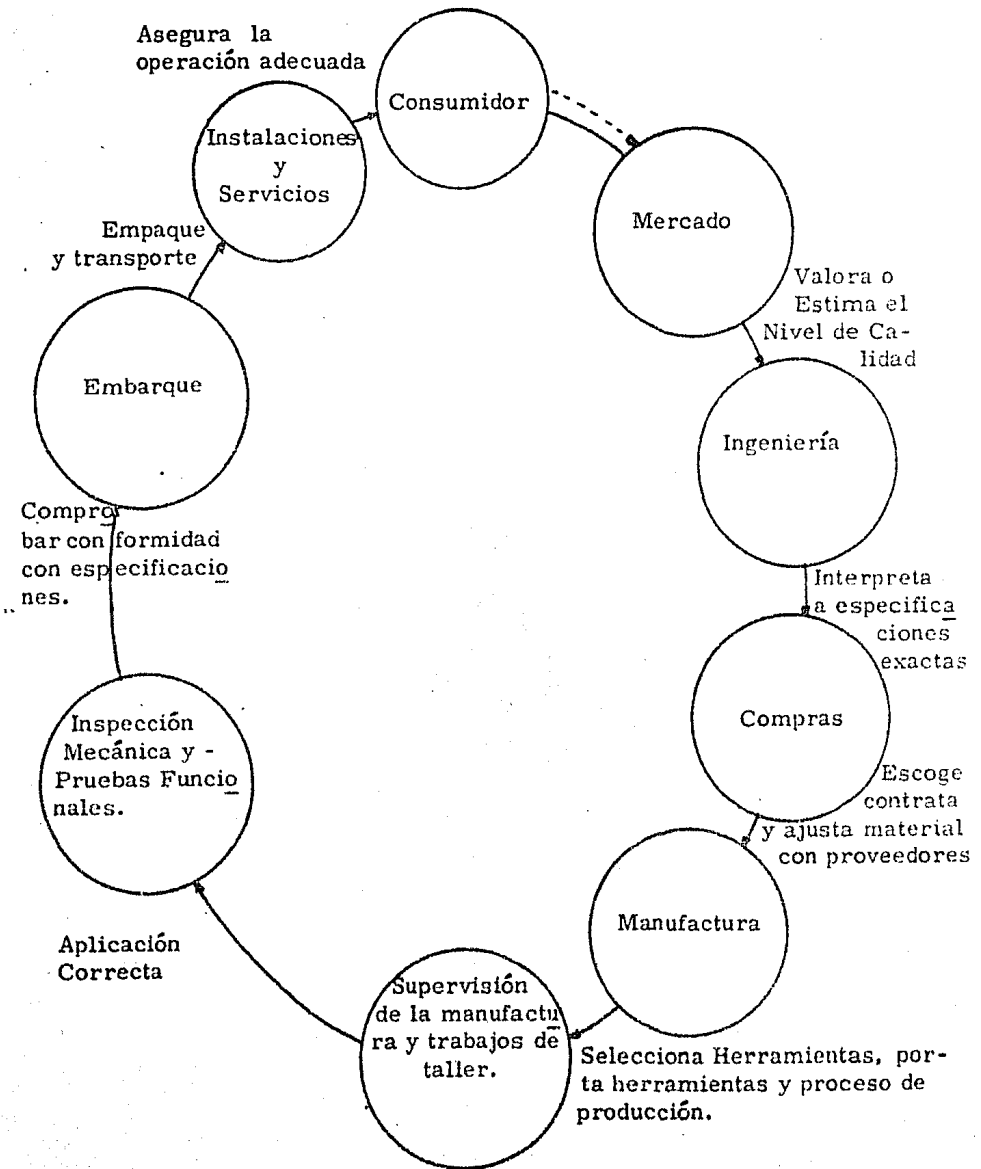
FIGURA No. 2. Costos de la Calidad.



Zona de Mejoramiento	Zona de indiferencia.	Zona de Perfeccionismo.	
Costos por Fallas 70%	Costos por Fallas 50%	Costos por Fallas 40%	
	Costos de Preven- ción 10%	Costos por Evalua- ción 50%	
Encontrar los Motivos de las Fallas.	Si no se encuentran - Proyectos Reditua- bles debe mejorarse el control.	Estudio de Costos, Defec- tos hallados, Abrir Es- tándares, Reducir Inspec- ción.	
100% Defectuosos; Rechazos.	Calidad de Conformación.	100% Aceptables; Buenos.	

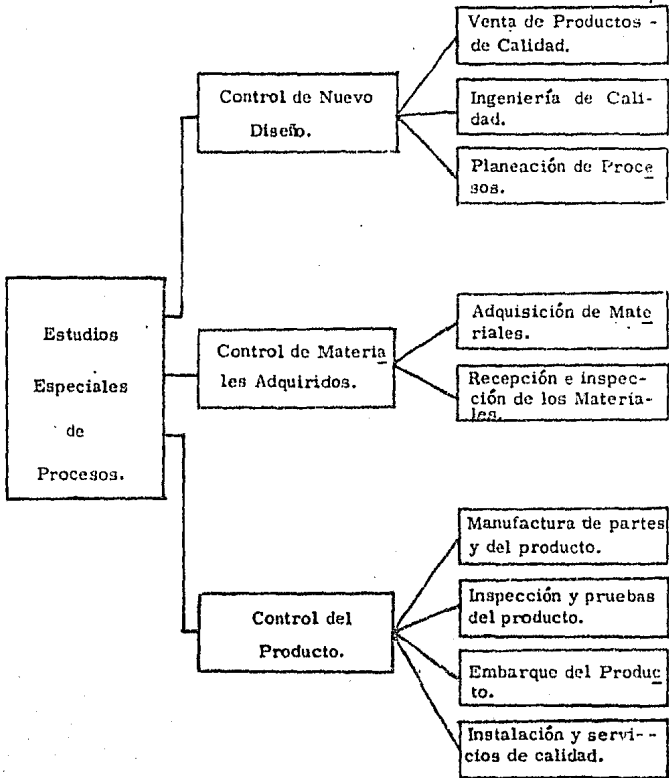
- e) Reducción de costos. - En particular la reducción de los costos de operación, es un resultado posible del control de calidad, por las siguientes razones:
- La industria a carecido a menudo de estándares, en consecuencia, sin una razón bien definida a dejado que el fiel de la balanza se mueva unas veces hacia los costos de la calidad y otras - hacia los servicios que el producto debe proporcionar.
 - En casi todos los casos, un gasto en el campo de la prevención actúa ventajosamente en la reducción de costos, en las áreas de evaluación, de fallas internas y externas; a menudo el gasto de un peso en el campo de la prevención, trae un ahorro de muchos pesos.
- f) Los factores que afectan la calidad industrial del producto, son la consecuencia de las exigencias que se muestran en la Figura No. - 3.

FIGURA No. 3. Ciclo Industrial.



- g) Las demandas anteriores pueden ser resueltas por medio del control de la calidad de la siguiente forma:
- Asignando al personal clave, responsabilidades que sean concretas con relación a la calidad.
 - Organización y coordinación de un equipo de control de calidad, cuya principal preocupación sea la calidad del producto.
 - Adecuación de tecnologías especiales relativas a medición, evaluación y control para mejorar la calidad del producto.
- h) Un control efectivo sobre los factores que afectan la calidad del -- producto exige vigilancia en todas las fases importantes de la producción y del servicio; éstos controles se designan con el nombre de tareas del control de calidad y quedan comprendidas como se muestran en la figura número 4.

FIGURA No. 4. Actividades de Control de Calidad en el Ciclo de Producción.



i) La estadística es una herramienta muy importante en el control de la calidad y su aplicación se concreta esencialmente a las constantes variaciones en la calidad del producto, que deben ser estudiadas dentro de los lotes, en los equipos de proceso y entre lote y lote del mismo artículo, cuando alguna característica se considere crítica tomando muestras de los lotes o seleccionando unidades producidas por equipo de trabajo; los métodos estadísticos que más se utilizan son:

- Distribuciones de frecuencia.
- Gráficas de control.
- Tablas de Muestreo.
- Métodos especiales.

j) Como elemento de organización, el control de calidad permite a los directivos delegar autoridad y responsabilidades, crear una conciencia de calidad en todos los rangos de la empresa, ya que existen dos conceptos básicos en la organización de un sistema de control:

- La calidad es responsabilidad de todos.
- Que siendo la calidad un asunto en que intervienen todos, puede convertirse en un asunto de nadie.

k) Desde el punto de vista de las relaciones humanas, la organización del control de calidad es a la vez:

- Un canal de comunicación para informes sobre la calidad del pro

ducto entre todos los interesados, empleados y grupos.

- Un medio de participación de estos empleados y grupos en el -- programa integral del control de la calidad.

Los principios del control de la calidad son básicos en cualquier proceso de fabricación, se pueden utilizar en cualquier tipo de industria, sea -- ésta de radios, de motores eléctricos, de turbinas, de repostería, de drogas o de cerveza; aún cuando la forma de ataque sea diferente en producción intermitente, como en la producción en serie, las bases fundamentales son igualmente aplicables.

Los detalles de cada programa de control de calidad se deben elaborar de modo que satisfagan las necesidades individuales de cada planta.

FUNCION DE CONTROL DE CALIDAD.

El objetivo final de control de calidad es tratar de proporcionar garantía de calidad para el producto terminado y asegurar costos de calidad óptimos. Para lograr este objetivo, un fabricante requiere un programa integrado para el control de calidad del producto, incluyendo los elementos confiables. Subsecuentemente esta actividad se considera con los factores que determinan la calidad en la manufactura de un producto:

- a) Material.
- b) Métodos de fabricación.
- c) Maquinaria y equipo en general.
- d) Mano de obra.

Pero lógicamente un ingeniero de control de calidad pertenece a una organización con la responsabilidad específica para lograr la calidad de un producto, por lo que el ingeniero no debe usurpar o crear conflictos de cualquier tipo con estas responsabilidades, sin embargo, la actividad de control de calidad, proporciona una forma efectiva para familiarizar a cada supervisor e ingeniero con los costos de calidad específicos y completos, capacitándolos por tanto para encaminar sus decisiones a la obtención de un producto de calidad y costo óptimos.

Los elementos de trabajo de control de calidad están incluidos en las siguientes amplias categorías, que cuentan con elementos de trabajo específicos que aclaran el alcance total del control de calidad:

1 - General.

- a) Programas de capacitación y promoción a todos los niveles de la organización.
- b) Estándares de calidad con características cuantitativas, como son las variables dimensionales y funcionales y en características cualitativas, como las variables visuales, audibles y tangibles.
- c) Medios y medidas analíticos para la evaluación del producto.
- d) Métodos y procedimientos para desarrollar las formas e instrucciones para coleccionar, analizar e informar sobre los datos de calidad.
- e) Material discrepante, con el procedimiento que no cumpla la -

calidad y los requerimientos funcionales.

- f) Programá de auditoría para hacer una evaluación apropiada - sobre la efectividad de las medidas de control establecidas.

2. - Nuevos diseños del producto.

- a) Investigación de productos y procesos para determinar que va riables afectan los componentes de la calidad de los productos y procesos.
- b) Especificaciones.
- c) Tolerancias.
- d) Muestras iniciales.
- e) Métodos para lograr una producción de calidad.
- f) Realización de ensayos para determinar las características - que serán medidas y controladas y predecir el comportamien to futuro de la producción de un lote.

3. - Recepción de material.

- a) Capacidad de los proveedores.
- b) Requerimientos de calidad.
- c) Métodos de inspección.
- d) Documentación y retroalimentación.

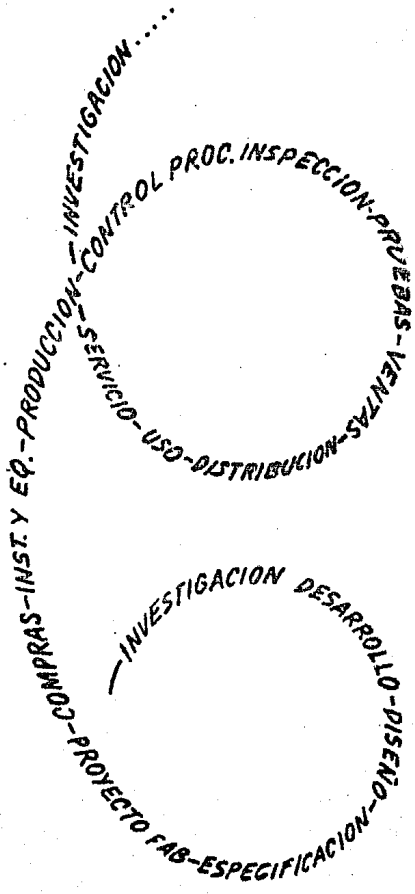
4. - Ingeniería de Proceso.

- a) Estudios de capacidad.
- b) Control del proceso.

- c) Revisión periódica.
 - d) Corrección de alteraciones.
5. - Evaluación del producto.
- a) Métodos de inspección.
 - b) Planes de muestreo.
 - c) Niveles de calidad y clasificación de defectos.
 - d) Quejas de los consumidores.
 - e) Evaluación de inventarios.

La función de la calidad se lleva a cabo a través de un amplio conjunto de actividades en la empresa, como ya se estableció, por lo tanto podemos establecer la espiral de la calidad que muestra el desarrollo de un número de actividades separadas, relacionadas entre sí y que requieren llevarse en una progresión lógica, como en la figura número 5.

FIGURA No. 5. Espiral de la Calidad.



CONCEPTOS ESTADISTICOS

Los métodos estadísticos son herramientas analíticas que se usan para evaluar hombres, máquinas o procesos. La evaluación obtenida por estos métodos ayuda a mantener los resultados deseados, usando datos históricos para predecir capacidades o tendencias. tales métodos analíticos son herramientas administrativas, que proporcionan información a todos los niveles de supervisión, para una acción apropiada.

Algunas ventajas de las técnicas estadísticas en la interpretación de datos ingenieriles y control de productos manufacturados son:

- a) Más uniformidad en la calidad en un nivel más alto.
- b) Menos pérdida por reducción del desecho y recuperación.
- c) Una inspección mejorada por una mejor planeación y una mejor ejecución.
- d) Producción más alta de piezas buenas por hombre-máquina-hora.
- e) Mejoramiento de las tolerancias de diseño.
- f) Mejores relaciones en la planta a través de esfuerzos coordinados.

El control a través de métodos estadísticos, difiere del procedimiento de la fabricación de un producto de acuerdo al programa y luego, separar al producto en lotes aceptables e inaceptables. Eventualmente estos métodos de control ayudan a decidir:

- a) Cuando el proceso está operando a un nivel satisfactorio.
- b) Cuando el nivel del proceso no es satisfactorio y la acción correcti

va es requerida para prevenir productos de manufactura inaceptable.

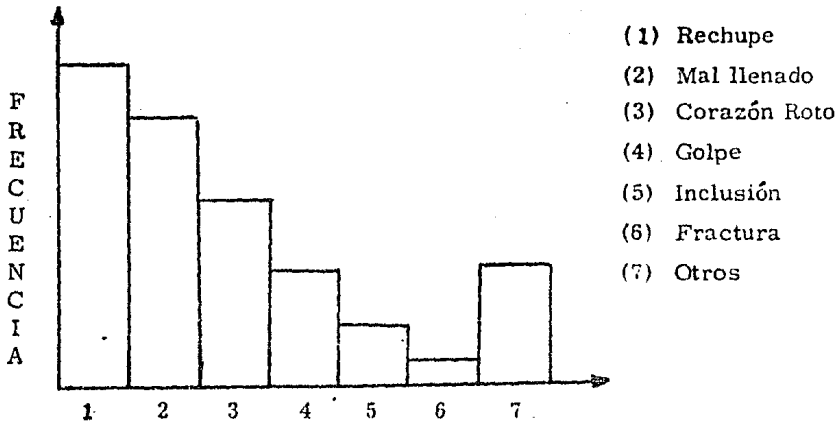
La causa fundamental de las diferencias en la confiabilidad y calidad del producto es la variación. Así, la variación es la razón real para el uso de métodos estadísticos, y se puede definir como la diferencia entre las cosas que, de otra manera, se pensaría que son iguales, porque fueron producidas bajo condiciones tan cercanamente semejantes como sea posible hacerlas.

ANÁLISIS GENERAL DEL CONTROL DE CALIDAD.

Las técnicas de estadísticas pueden ser utilizadas en cada fase de un negocio, no solo en manufactura sino también en ingeniería, ventas, servicio, administración, etc. el objetivo del enfoque estadístico es el de mejorar la eficiencia de cada una de las operaciones, bajo las técnicas que se describen enseguida:

- Diagrama de Pareto. - Esta técnica no es más que una gráfica de barras en la que se identifican causas de los problemas encontrados, los cuales siempre se ordenan en forma descendente de magnitud y/o frecuencia, por ejemplo, en la evaluación de los defectos al moldeo de una cabeza de cilindros, la primera barra podría representar el porciento debido a rechupes, la segunda al mal llenado, la tercera a corazón roto, y así sucesivamente, como se muestra en la figura número 6.

FIGURA No. 6. Gráfica de Pareto.



- **Diagrama Espina de Pescado.** - Es realmente un diagrama de causa-efecto para el análisis de problemas y todo aquel factor que contribuye a su existencia. Por ejemplo, podría ser la variación en la salida del proceso de fabricación de cabezas de cilindro; en donde las ramas del diagrama se podrán relacionar con los factores contribuyentes (máquinas, material, métodos, medio ambiente, -- fuerza laboral), como se puede ver en la figura número 7.

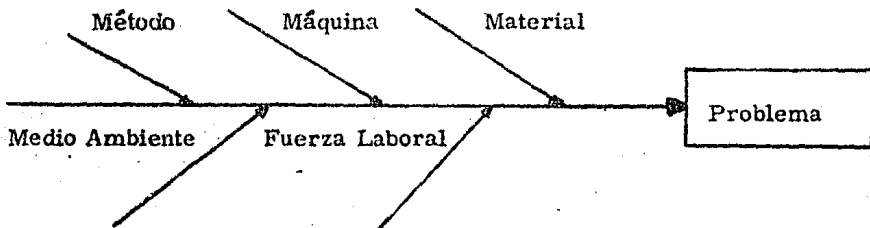
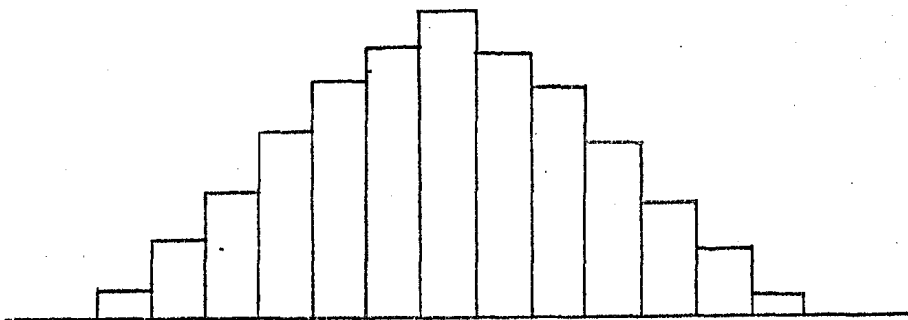


FIGURA No. 7. Diagrama de Causa-Efecto.

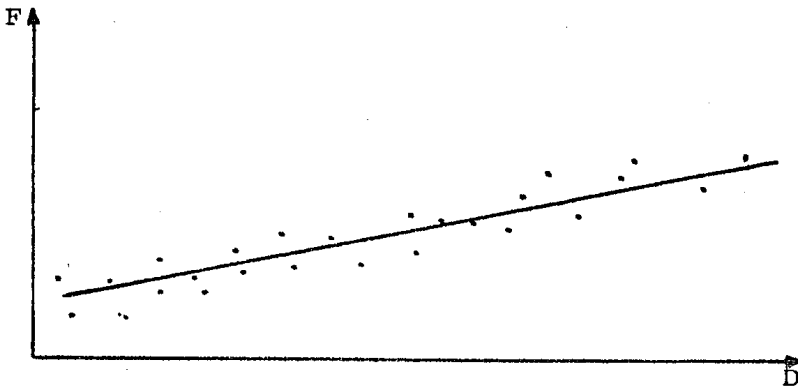
- **Histograma.** - Es una gráfica de barras la cual muestra una distribución de frecuencias. Por ejemplo, se podría utilizar para categorizar cabezas de cilindros según su espesor, con el eje X dividido en los incrementos de medida del espesor, según muestra la figura número 8.

FIGURA No. 8. Distribución de Frecuencias.



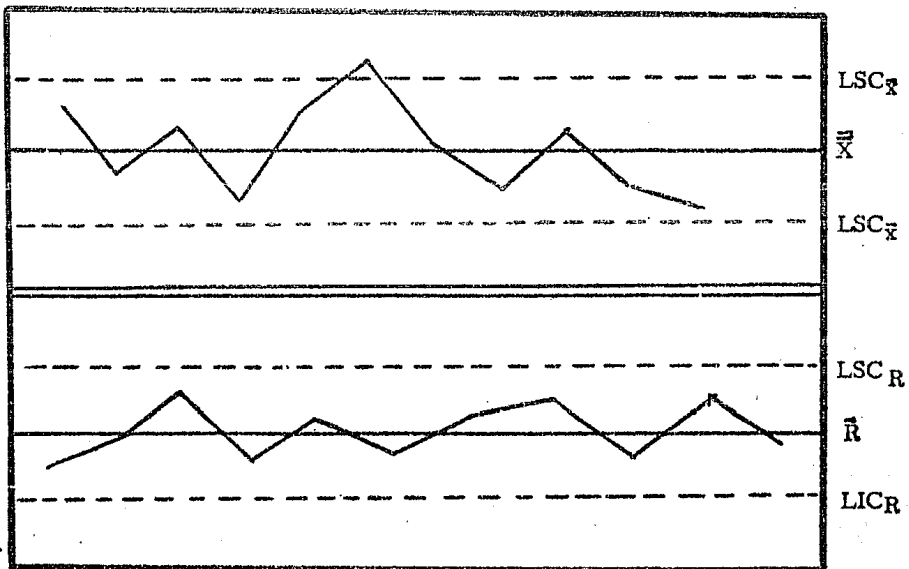
- **Diagrama de Dispersión.** - Es una gráfica la cual muestra la correlación de dos características. Por ejemplo, un diagrama de dispersión podría utilizarse para comparar la fuerza tensora de una probeta de aluminio en base a su diámetro, como en la figura número 9.

FIGURA No. 9. Gráfica de Dispersión.



- Gráfica de Control. - Es un método para vigilar el producto de un proceso o sistema, a través de las medidas de las muestras de una característica seleccionada y el análisis de su desempeño a través del tiempo, cuya representación es la figura número 10.

FIGURA No. 10. Gráfica de Control.



Esta gráfica es una técnica analítica, indispensable en cualquier proceso de fabricación, debido a que muestra continuamente la forma en que se encuentra el grado de calidad respecto al producto elaborado. En el siguiente capítulo se describe prácticamente su elaboración.

Otro de los conceptos, considerado importante, es el conocido con el nombre de variación. Un aspecto fundamental de la naturaleza, es que -- los fenómenos u objetos físicos no se repiten con precisión, de una a otra vez, por el contrario se caracterizan por alguna cantidad de variación, - por ejemplo, la altura de las personas, los árboles, las gotas de lluvia, etc., son variaciones de la naturaleza.

Por supuesto que este tipo de variación se presenta también en todo - proceso de manufactura, por lo cual es preciso controlar tal variación pa - ra obtener artículos plenamente garantizados. Todo estadísta piensa que un proceso es repetitivo en términos de cierta dispersión.

Ya que no pueden existir dos productos exactamente iguales debido a - que cualquier proceso tiene varias fuentes de variación, las diferencias - entre los productos pueden ser muy grandes o quizás tan pequeñas que es difícil su medición, sin embargo, siempre están presentes. Las causas - de estas variaciones fundamentalmente las provocan cinco elementos del - proceso: equipo, material, fuerza de trabajo, métodos y medio ambiente.

Algunas fuentes de variación en el proceso causan diferencias en perío - dos de tiempo muy cortos (precisión del operario); relativamente largos -

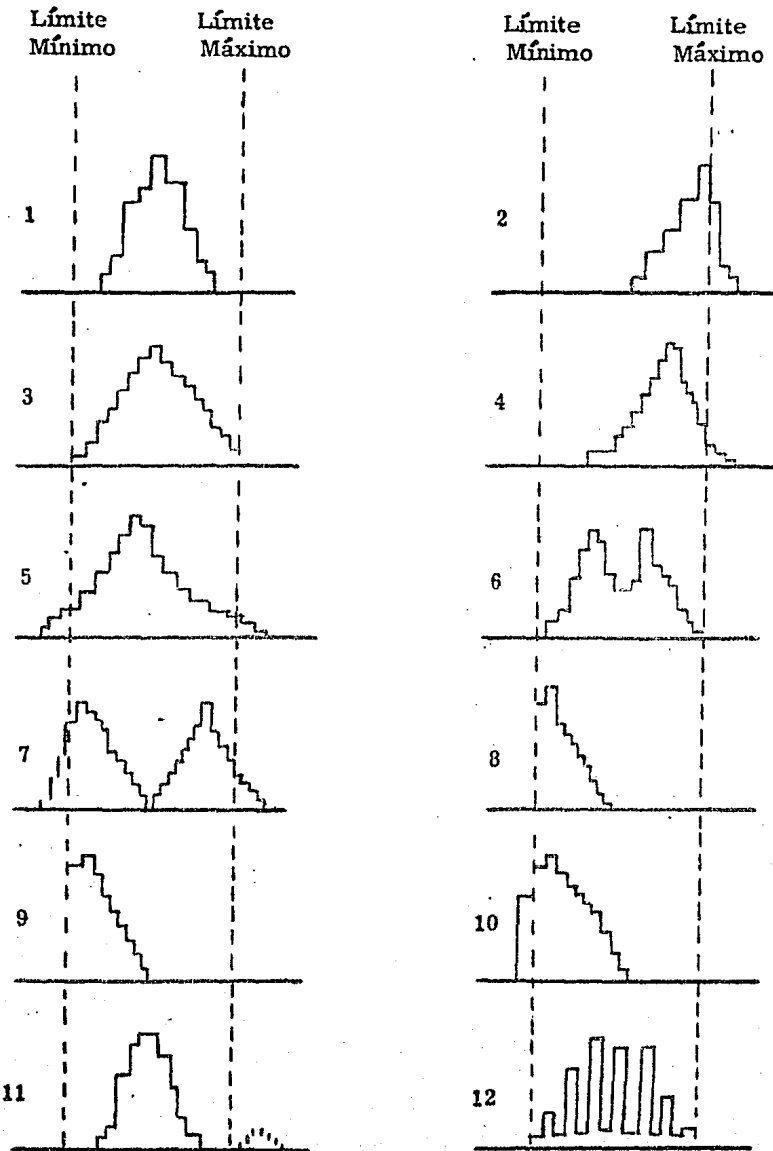
(desgaste de herramientas), y/o gradualmente (desgaste de maquinaria).

Desde el punto de vista de requerimientos mínimos, se tiene que la pieza se cataloga como "dentro o fuera de norma"; un reporte que es entregado a tiempo es válido y aquel que es entregado después de cierto tiempo no tiene validéz. Sin embargo para que un proceso sea controlado se debe analizar su comportamiento con respecto al tiempo y algunos otros factores que fueron citados anteriormente. Después, se deberá efectuar una distinción entre las causas comunes y especiales de variación, con el fin de poder tomar las acciones más adecuadas que ayudan a disminuir, precisamente esa variación.

Las causas especiales pueden ser detectadas a través de técnicas estadísticas, estas causas no son comunes a todas las operaciones, por ejemplo un operario nuevo puede generar una variación mayor en cierta máquina, que un operario adiestrado, el descubrimiento de este tipo de causas son de aquellas personas que están relacionadas directamente con el proceso. Las causas comunes se detectan por una técnica o análisis estadístico, aún cuando son más difíciles de encontrar, ya que se presentan por medio de casos especiales, por ejemplo, materia prima que no cumple -- con las especificaciones o que el problema sea por algún fenómeno inherente al proceso de fabricación.

En la figura número 11 se ilustran las variaciones típicas cuando se -- emplean histogramas.

FIGURA No. 11. Ejemplo de Variación.



Explicación:

1. - Situación ideal, ya que la dispersión se encuentra dentro de los límites especificados y la distribución se encuentra centrada.
2. - La distribución se encuentra desconcentrada y tiene partes que se salen del límite superior.
3. - Una distribución con dispersión aproximadamente igual a los límites especificados, centrada y satisfactoria.
4. - Una distribución con dispersión aproximada a la del ejemplo anterior, la cual tiene una tendencia a salirse del centro y con partes fuera del límite superior.
- 5.- Una distribución con una dispersión más grande que los límites inferior y superior.
6. - Una distribución bimodal, que sugiere que se han considerado para su elaboración, dos máquinas, dos materiales o dos productos diferentes.
7. - Una distribución doble con una dispersión bastante amplia que sale de los límites como consecuencia del incremento del retrabajo, recuperación y/o desperdicio.
8. - Un proceso que está operando fuera de centro, donde las piezas se han inspeccionado al cien por ciento y se han retirado las que resultaron defectuosas, esto puede ser por lecturas excéntricas o alguna otra variable, donde solo los valores positivos pueden ser medidos.

9. - Un proceso similar al del ejemplo anterior, en el que una inspección del cien por ciento no ha sido enteramente efectiva.
10. - Un proceso similar al de los ejemplos ocho o nueve que indica un límite de seguridad, una medida considerada en forma incorrecta o un operador con dificultad para tomar una decisión en los casos inciertos.
11. - Una distribución principal centrada con otra distribución más pequeña que puede ser el resultado de incluir un arreglo de piezas en el lote.
12. - Una distribución en la que el operador favorece ciertas lecturas, debido a que la toma de medidas no fue adecuada o a la dificultad en su interpretación.

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL.

La mayoría de las distribuciones de frecuencia exhiben una tendencia central; existen tres medidas principales que son:

- 1 - La media aritmética. - (Generalmente llamada promedio), se usa para distribuciones simétricas o cercanas a la simetría o para distribuciones que carecen de un extremo sencillo claramente dominante. La media aritmética \bar{X} es la medida más generalmente usada en trabajos de calidad. Se emplea frecuentemente para reportar tamaño promedio, producción promedio, porcentaje promedio de defectuosos, etc., que las cartas de control han sido ideadas para suavizarlas y no perderlas de vista. Tales cartas de - -

control pueden dar primero el aviso de la existencia de cambios -
significativos en el valor central. La media aritmética de un con-
junto de n valores es igual a la suma de todos ellos dividido por n ,
expresado en forma algebraica;

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

2. - Mediana. - (El valor medio cuando las figuras son arregladas de
acuerdo al tamaño), usada para reducir los efectos de los valores
extremos, o para los datos que pueden ser ordenados, pero no --
son económicamente medibles (las sombras de un color, aparien-
cia visual, olores) o para situaciones especiales de prueba.

Si por ejemplo, el promedio de cinco piezas inspeccionadas es --
usado para decidir si un requisito de prueba de vida ha sido cum-
plido, entonces el tiempo de vida de la tercera parte que fracasa,
sirve para predecir el promedio de todos los cinco y de tal modo
que la decisión de la prueba puede ser hecha mucho más rápida.

3. - Moda. - (El valor que ocurre más frecuente en los datos), usado
para distribuciones sesgadas, describiendo una situación irregular
donde dos crestas son encontradas, o para eliminar los efectos de
los valores extremos.

MEDIDAS DE DISPERSION.

Los datos se dispersan siempre alrededor de la zona de tendencia cen-

tral y la extensión de este esparcimiento de datos se llama dispersión o variación. La medida de dispersión es la segunda en importancia de las dos medidas más fundamentales en el análisis estadístico. Una medida de dispersión es importante en dos modos: Primero puede ser usada para mostrar el grado de variación entre los valores en los datos dados y -segundo, la medida de dispersión puede ser usada para dispersar un promedio, para describir un grupo de datos o para comparar un grupo de datos con otro.

Cuando la dispersión es alta, el promedio se vuelve de poca o ninguna significación; cuando es baja el valor promedio se vuelve altamente significativo.

Las medidas de dispersión más eficaces en control de calidad son la Amplitud o Rango y la Desviación Tipo, la primera es de especial importancia en los gráficos de control de variables y la segunda será necesaria en los debates acerca de la capacidad de los procesos de fabricación.

- El Rango. - Se designa por amplitud o rango, la diferencia que existe entre el mayor y el menor de los valores obtenidos en una serie, o simbólicamente:

$$R = X \text{ máx} - X \text{ mín}$$

Las principales características del rango pueden ser:

- a) El rango está basado en los valores más bajo y más alto de un grupo de datos. Es fácil de calcular y es el valor simple y más

conveniente como suplemento de la media.

- b) El rango puede ser influido grandemente por valores no usuales en los datos dados. Si hay un valor no usual en los datos, ya sea muy pequeño o muy grande, el rango puede no ser una medida propia de dispersión para el grupo de valores.
- c) El rango no está afectado por los valores comprendidos entre los más bajos y más altos. Por lo tanto, el rango es solamente una tosca estimación de la medida de dispersión.

- La Desviación estándar. - Para la mayoría de las distribuciones de frecuencias industriales, se emplea la desviación estándar como una medida de la dispersión.

Se define como la raíz cuadrada de las medias de las desviaciones al cuadrado, de todas las lecturas de una serie con respecto a su media. Por lo tanto, la desviación estándar de una muestra, (no debe confundirse con la estimación del "verdadero" valor de la desviación estándar de la población que se obtiene multiplicando la desviación estándar de la muestra por $\sqrt{\frac{n}{n-1}}$. Sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones si la muestra es de un tamaño suficiente, el efecto de ese factor de corrección se puede despreciar), 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 o simbólicamente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}}$$

en dónde:

σ = desviación estándar.

$X_1, X_2 \dots X_n$ = valor de cada una de las lecturas.

\bar{X} = valor medio de la serie.

n = número de lecturas.

Cuando la serie conste de un gran número de lecturas, resulta conveniente agrupar las lecturas de igual valor, dentro de celdas individuales, antes de proceder al cálculo de la desviación estándar.

Si las lecturas se han agrupado en esta forma, la fórmula por emplearse será:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{n} - \bar{X}^2}$$

dónde:

$\sum fx^2$ = Suma del número de lecturas en cada celda por el cuadrado del valor de la celda correspondiente.

También cuando se tienen muchas lecturas en una serie, se pueden emplear algunos procedimientos que facilitan el cálculo de la desviación estándar. A continuación se presentan tres de estos procedimientos:

"Compendiar" los valores de una serie. Se puede agregar o restar cualquier valor constante a las lecturas de una serie, sin que por ésto se modifique el valor de la desviación estándar. sin embargo, se debe tener en cuenta que si los valores de una serie se multiplican o dividen por un mismo factor, el valor de la σ resultará multiplicado o dividido por ese factor. Para convertir la σ a las lecturas originales, será preciso dividir o multiplicar el valor encontrado por la misma constante que se usó para las lecturas.

"Agrupamiento" de las lecturas de una serie. Ya se ha mencionado una forma de agrupamiento de las lecturas obtenidas en una serie, o sea, reuniendo las lecturas de un mismo valor dentro de celdas individuales. Pero si el número de celdas es excesivo se crean muchas dificultades.

Supongamos que la serie consta de doscientas lecturas, de las cuales la de menor valor es de 52.01 con valores intermedios como 53.73 ó 59.33 hasta la de mayor valor 62.00 todas ellas redondeadas al centésimo; al agrupar lecturas de igual valor como 52.01, 53.73, etc., podrán resultar de 60 a 70 celdas, que desde luego resultará molesto tener que trabajar con ese número de celdas. Pero es posible reducir aún éstos datos, resumiéndolos en celdas seleccionadas a un tamaño arbitrario. Por ejemplo, el primer grupo podría contener lecturas de 52.01 a 53.00 inclusive, el segundo grupo incluiría lecturas de 53.01 a 54.00 inclusive, y el grupo décimo in-

cluiría lecturas de 61.01 a 62.00, que es mucho más práctico que en las 60 ó 70 celdas.

El valor de la σ que resulte en este caso, estará dado en términos del tamaño de la celda, ó sea en unidades de celda. Para convertir este valor a los valores originales, bastará multiplicar por la dimensión de la celda, que en este caso es de 1.00.

"Tomando un origen", cuando ya se hayan compendiado o agrupado las lecturas, se puede efectuar el cálculo de la desviación estándar por:

- a) Hacer el cálculo con estos datos compendiados o agrupados.
- b) Proceder a simplificar aún más el agrupamiento, tomando arbitrariamente una de las celdas, como origen, y considerar las celdas de la parte inferior de la tabla, abajo de la de origen, como unidades progresivas positivas, las celdas de la parte superior de la tabla, como unidades progresivas negativas a partir del origen. Con este procedimiento, los números con los cuales se trabaja serán pequeños.

- La variancia. - Otra medida de dispersión es la variancia, esta medida es la suma de los cuadrados de las desviaciones a la media aritmética dividida por el número de observaciones n . Ó sea, la variancia es el cuadrado de la desviación tipo.

Para ilustrar los conceptos anteriores se tomará el siguiente ejemplo:

Se desea determinar la cantidad de la variación que tienen las láminas de acero que se están comprando, para la producción en las troqueladoras. Sobre una muestra se tomaron 144 mediciones de espesores, se utilizó un calibrador de carátula con aproximación de 0.0005 pulgadas. La hoja con marcas de los espesores de la serie de mediciones, se muestra en la figura No. 12.

FIGURA No. 12. Hoja con Marcas.

DIMENSION		
.023		
.0235	1	1
.024	1	6
.0245		23
.025		48
.0255		39
.026		20
.0265		5
.027		2
TOTAL		144

Con estas lecturas que lógicamente se repitieron, se hizo el agrupamiento por celdas, dando lugar a la figura No. 13.

FIGURA No. 13. Cálculo de la Media y la Desviación Estándar.

ESPEJOR Milésimas de Pulgadas. X	FRECUENCIA f	FRECUENCIA POR EL ESPEJOR fX	FRECUENCIA POR EL ESPE- SOR AL CUADRA DO fX ²
23.5	1	23.5	552.25
24.0	6	144.0	3456.00
24.5	23	563.5	13805.75
25.0	48	1200.0	30000.00
25.5	39	994.5	25359.75
26.0	20	520.0	13520.00
26.5	5	132.5	3511.25
27.0	2	54.0	1458.00
SUMAS	144	3632.0	91663.00

Media: $\bar{X} = \frac{\sum fX}{n} = \frac{3632.0}{144} = 25.222 \text{ mils} = 0.025222 \text{ pulg.}$

Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fX^2}{n} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{91663}{144} - (25.222)^2} = \sqrt{0.40}$$

= 0.6 mils = 0.0006 pulg.

Si se desea centrar el valor, el procedimiento se sigue como se muestra en la figura No. 14.

FIGURA No. 14. Cálculo de la Media y la Desviación Estándar.

ESPEJOR Milésimas de Pulgadas.	(X)	(f)	(f) (X)	(f) (X) ²
23.5	-3	1	- 3	9
24.0	-2	6	- 12	24
24.5	- 1	23	- 23	23
25.0	0	48	0	0
25.5	+ 1	39	+ 39	39
26.0	+2	20	+ 40	40
26.5	+3	5	+ 15	45
27.0	+4	2	+ 8	32
TOTALES		144	+ 62	252

$$\text{Media: } \bar{X} = \frac{\sum fX}{n} = \frac{64}{144} = .4444$$

Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fX^2}{n} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{252}{144} - (.4444)^2} = \sqrt{1.5525} = 1.246$$

Después de realizadas las operaciones, será necesario convertir los valores resultantes, a los valores originales, para ésto se emplean las siguientes fórmulas:

Conversión de la media:

Media Verdadera = (Valor de la celda cero) + (\bar{X}) intervalo en la celda

$$\begin{aligned}
 & \pm 25.0 + (.4444) (.5) \\
 & = 25.0 + .2220 \\
 & = 25.222 \text{ mils} = 0.025222 \text{ pulg.}
 \end{aligned}$$

Conversión de la desviación estándar:

$$\begin{aligned}
 \text{Desviación verdadera} &= (\text{Valor de sigma}) (\text{intervalo de la celda}) \\
 &= (1.246) (.5) \\
 &= 0.6 \text{ mils} = 0.0006 \text{ pulgs.}
 \end{aligned}$$

IMPORTANCIA DEL USO DE LAS TECNICAS ESTADISTICAS.

En general al formar la lista de los factores que afectan a un proceso o sistema se pone de manifiesto que solo un pequeño número de causas contribuyen a la mayor parte del efecto y que los restantes tienen una mínima participación en el fenómeno. El objeto de analizar un diagrama de Pareto es identificar las causas principales y en función de ello, establecer un orden de importancia 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 hacerla disminuir o desaparecer se lograría una reducción significativa en la magnitud del problema, por lo tanto:

- El Diagrama de Pareto es el primer paso para la realización de las -

mejoras.

- El Diagrama de Pareto se aplica en todas las situaciones en donde se pretende efectuar una mejora: en la calidad del producto, en la conservación de materiales, en el uso de energéticos y en general en la eficiencia en el uso de los recursos como mano de obra, capital, etc.
- El Diagrama de Pareto se utiliza también para verificar si las acciones llevadas a cabo para lograr una mejora fueron o no eficaces, -- construyendo un nuevo diagrama cuando los efectos de dichas acciones se han puesto de manifiesto. Este segundo diagrama deberá -- abarcar el mismo período de tiempo e igual número de casos para -- que la comparación tenga sentido; de no ser posible ésto, es preferible utilizar porcentajes absolutos o relativos en el eje vertical izquierdo en lugar del número de artículos defectuosos. Si los esfuerzos -- para obtener mejoras han sido ineficaces, el orden de las barras debe cambiar. Si las alturas de todas las barras disminuyen significa que el nivel general de todos los defectos ha sido reducido por alguna acción común, por ejemplo, capacitación del personal, mantenimiento del equipo, etc.

Con base a lo mencionado se enfatiza a continuación algunos de los beneficios que se derivan del uso de los diagramas de Pareto:

- Ayuda a identificar las causas de los fenómenos y a señalar la importancia de cada una de ellas.

- Promueve el trabajo en equipo ya que se requiere que participen todos los individuos relacionados con el área para analizar el problema, obtener información y llevar a cabo acciones para su solución.
- Canaliza los esfuerzos a las causas importantes.
- Permite la comparación antes y después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- Facilita la comunicación entre los grupos que participan en el análisis del problema o fenómeno.

La experiencia de la vida demuestra que todos los acontecimientos repetitivos, ya sean fenómenos naturales o resultados de las actividades del hombre, presentan diferencias cada vez que ocurren o se hacen. Al ma-
quinar una serie de piezas encontramos que los diámetros presentan dife-
rencias, lo mismo sucede con los pesos de las tabletas que forman un lote, o los espesores de las láminas de un paquete, el apriete de los torni-
llos que coloca un operario en su estación de trabajo, las estaturas de las
personas, etc. Esto es, todo varía, todo resultado experimental presenta
varios valores. Existen las siguientes utilizaciones típicas de los Histo-
gramas:

- Advertir la presencia de problemas en el proceso cuando la distribu-
ción de las características generadas no siguen un patrón normal.
- Determinar si el proceso es capaz de producir piezas dentro de las
especificaciones del dibujo.
- Determinar si el ajuste del proceso es adecuado para producir piezas

- dentro de tolerancia y si no, indicar hacia donde y cuanto deberán de correrse.
- Determinar si el lote sometido a inspección está constituido por piezas producidas bajo las mismas condiciones o si se han mezclado - varias producciones.
 - Determinar si el lote sometido a inspección corresponde a lo que -- realmente se produjo o si ya fue sometido a una selección previa.

Una de las técnicas de análisis para ayudar a la solución de problemas es el Diagrama de Causa-Efecto conocido también como Diagrama de Ishikawa, el cual permite analizar los factores que intervienen en la calidad del producto a través de una relación de causa y efecto, ayudando a sacar a la luz las causas de las dispersiones y también a organizar las relaciones entre las causas.

El Diagrama de Causa-Efecto por su forma recibe el nombre de "Esqueleto de Pescado" en el que la espina dorsal es el camino que conduce a la cabeza del pescado que es donde se coloca el problema que se desea analizar, las espinas o flechas que la rodean, indican las causas y subcausas que lo provocan.

Una gran variedad de ventajas se deriva del uso de este tipo de diagramas; a continuación se mencionan las más relevantes:

- Ayuda a detectar las causas de las dispersiones en las características de calidad. Los diagramas de causa y efecto se trazan para - -

ilustrar con claridad los diversos fenómenos que afectan un resultado, clasificándolos y relacionándolos entre sí; lo cual facilita la tarea de selección de causas que se deberían investigar primero, con el propósito de mejorar el proceso.

- Su análisis ayuda a determinar el tipo de datos que deben de obtenerse para confirmar el efecto de los factores que fueron seleccionados como causa del problema.
- Ayuda a prevenir el problema. Si no se está experimentando con un problema de calidad, puede elaborarse un diagrama de causa y efecto del tipo "clasificación del proceso por fase", preguntándose que problema de calidad se podría provocar en esta etapa, detectando así causas potenciales de un problema de calidad que puede preve-nirse, si se adoptan controles apropiados.
- Es un instrumento que favorece el trabajo de grupo. Ayuda a un grupo de personas a trabajar hacia un fin común, sirve de guía para la discusión evitándose así desviaciones del tema con la consecuente ventaja de llegar más rápido a la conclusión sobre las acciones a tomar.
- Se adquieren nuevos conocimientos al conocer las interrelaciones de los factores causales dentro del proceso.
- Muestra el nivel de conocimiento tecnológico. Si un diagrama puede trazarse en su totalidad significa que las personas conocen bastante del proceso y por lo tanto, con mayor facilidad se lleva a cabo el análisis del problema.

- Se usa para analizar cualquier problema de calidad, productividad, seguridad, etc.

Es importante sumarizar algunos de los principales beneficios que -- pueden derivarse del uso de las gráficas de control:

- Las gráficas de control son herramientas simples y efectivas para lograr un control estadístico. Se prestan para que el operario las maneje en su propia área de trabajo, dan información confiable a la gente cercana a la operación sobre cuando debieron tomarse ciertas acciones y cuando no debieran tomarse.
- Cuando un proceso está en control estadístico puede predecirse su desempeño respecto a las especificaciones, por consiguiente tanto el productor como el cliente pueden contar con niveles consistentes de calidad y ambos pueden contar con costos estables para lograr -- ese nivel de calidad.
- Una vez que un proceso se encuentra en control estadístico, su comportamiento puede ser mejorado posteriormente reduciendo la varia ción. A través de los datos de la gráfica de control pueden participarse las mejoras que se requieren en el sistema, estas mejoras -- en el proceso deberán:
 - * Incrementar el porcentaje de productos que satisfagan las especta tivas de los clientes.
 - * Disminuir los productos que necesiten retrabajarse o deshecharse.
 - * Incrementar la calidad total de productos aceptables a través del proceso.

- Las gráficas de control proporcionan un lenguaje común para comunicarse sobre el comportamiento de un proceso.
- Las gráficas de control al distinguir entre las causas especiales y las causas comunes de variación, dan una buena indicación de cuando algún problema debe ser corregido localmente y cuando se requiere sobre una acción en la que deben de participar todos los niveles de la organización, ésto minimiza la confusión, frustración y costo excesivo que se deriva de los problemas no resueltos.

DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD

ASPECTOS GENERALES.

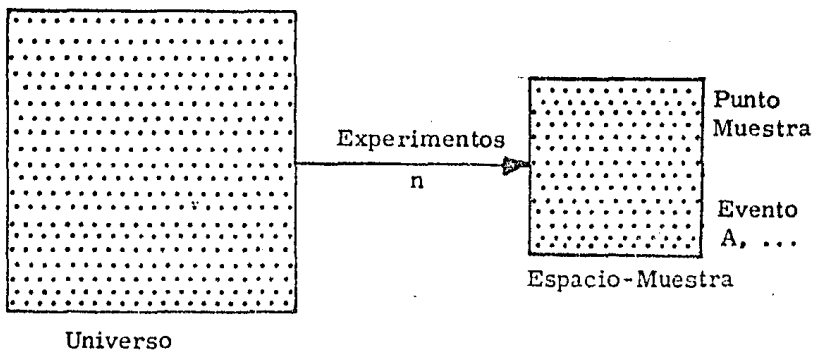
El estudio de los experimentos hechos al azar es el tema de la probabilidad como rama de las matemáticas, el proceso de cálculo de probabilidad se inicia desde un universo original de donde se hacen los experimentos aleatorios, generando con ello todo un espacio-muestra donde, teóricamente existen todos los posibles resultados.

Una distinción es hecha entre una muestra y una población; una muestra es un número limitado de artículos tomados de una gran fuente de ellos, una población es el origen de donde se toma la muestra.

Las mediciones son hechas a los artículos; muchos problemas se resuelven por tomar los resultados de las mediciones de una muestra y, basándose en éstos se hacen predicciones acerca de la definición de la población que contiene la muestra.

Generalmente se supone que la muestra es aleatoria, por ejemplo, cada posible muestra de n artículos tiene igual oportunidad de ser seleccionada (o que los artículos sean seleccionados sistemáticamente de un material que es aleatorio en sí mismo, debido a su mezcla durante el proceso). La figura No. 15 nos ilustra este concepto.

FIGURA No. 15. Espacio Muestra.



Punto muestra es un resultado en particular. Un evento es un conjunto que contiene uno o varios punto-muestra.

La probabilidad de un evento A se define como la relación:

$$P(A) = \frac{\text{Número de puntos muestra de A}}{\text{Número total de puntos del espacio muestra}}$$

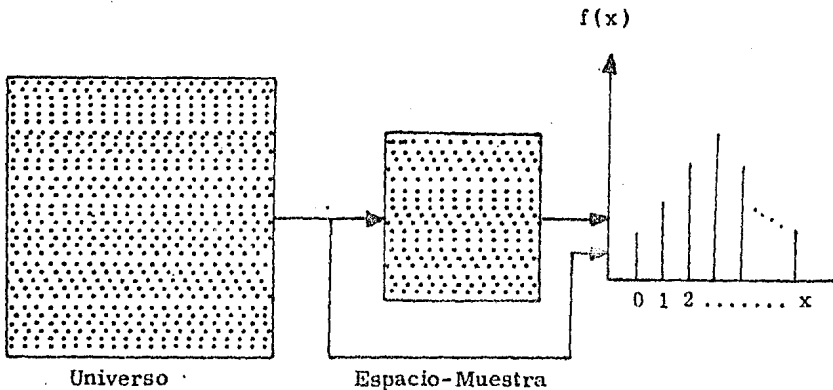
Axiomas de Probabilidad:

1. - $0 \leq P(A) \leq 1$
2. - $P(U) = P(\text{Universo}) = 1$
3. - $P(\emptyset) = P(\text{conjunto vacío}) = 0$

La manera de calcular probabilidades es mediante el conocimiento del

número de puntos de los eventos y el número de puntos del espacio-muestra. Sin embargo, cuando se cumplen ciertos requisitos es posible obtener tales valores mediante fórmulas de distribuciones de probabilidad o consulta de tablas. La figura No. 16 ilustra este concepto.

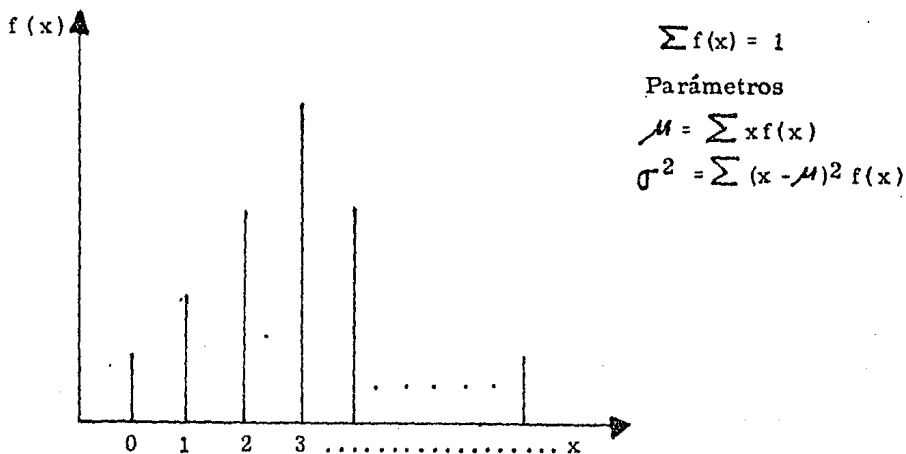
FIGURA No. 16. Distribuciones de Probabilidad.



Las distribuciones pueden ser de dos tipos:

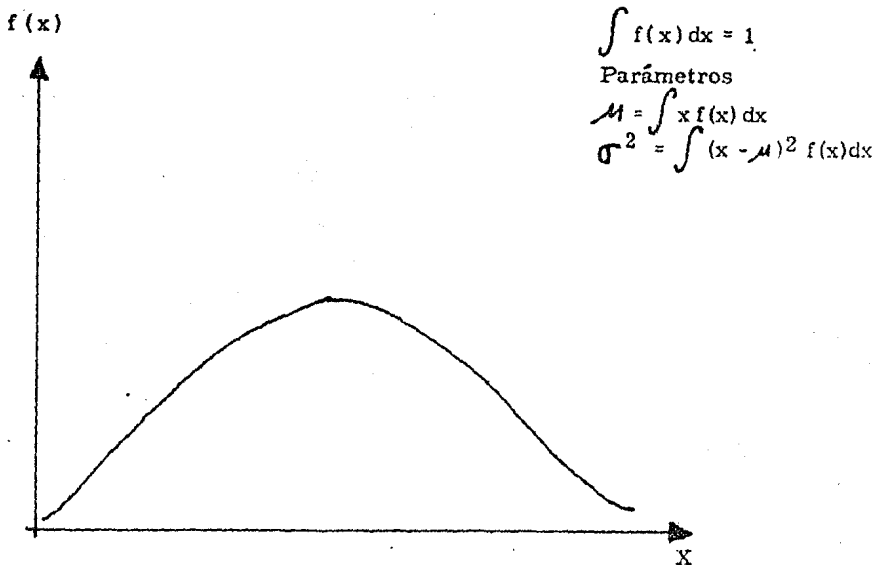
- 1 - Discretas. - (Para datos por atributos), cuando las características a ser medidas, pueden tomar solo ciertos valores específicos (por ejemplo, enteros como 1, 2, 3, etc.), se representan por medio de líneas verticales. La suma de probabilidad es 1 por ejemplo las distribuciones hipergeométricas, binomial y poisson. Ver figura No. 17.

FIGURA No. 17. Distribuciones de Probabilidad Discretas.



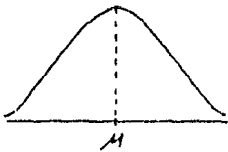
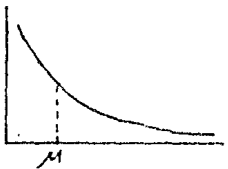
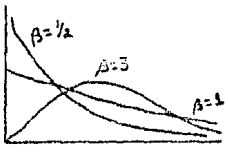

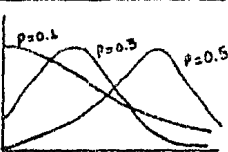
2. - Continuas. - (Para datos para variable), cuando la característica que va a ser medida, puede tomar cualquier valor (sujeto a la idoneidad del proceso de medida), las probabilidades se ejercen a lo largo de todos los puntos de un intervalo y se representa por medio de áreas, dónde el área total es 1 por ejemplo las distribuciones normal, exponencial y la weibull, según muestra la figura No. 18.

FIGURA No. 18. Distribuciones de Probabilidad Continúas.



En la figura No. 19, se resumen las distribuciones más comunes (los asteriscos indican que éstas son distribuciones discretas, pero las curvas se muestran como continuas para facilitar la comparación con las distribuciones continuas).

FIGURA No. 19. Distribuciones.

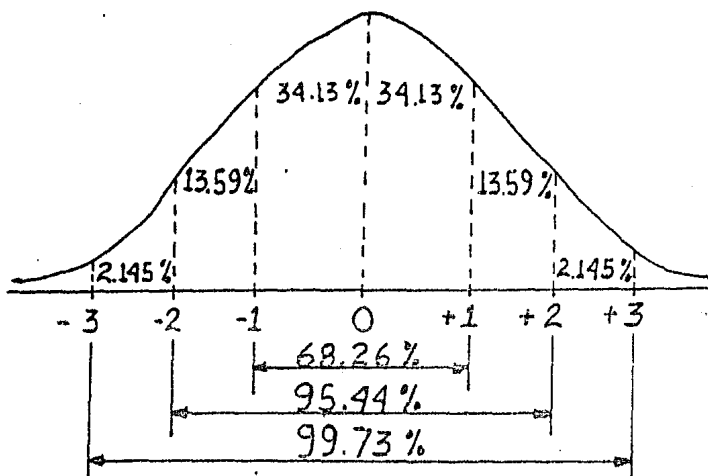
DISTRIBUCION	FORMA	FUNCION DE PROBABILIDAD.
Normal	 A bell-shaped curve representing a normal distribution. A vertical dashed line from the peak to the horizontal axis is labeled with the Greek letter mu (μ).	$Y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ μ = Media σ = Desviación Estándar.
Exponencial	 A curve representing an exponential distribution, starting high on the y-axis and decaying towards the x-axis. A vertical dashed line from the curve to the x-axis is labeled with the Greek letter mu (μ).	$Y = \frac{1}{\mu} e^{-\frac{X}{\mu}}$ μ = Media
Weibull	 Three curves representing different Weibull distributions. The curves are labeled with their shape parameters: β = 1/2, β = 3, and β = 1.	$Y = \alpha \beta (X-V)^{\beta-1} e^{-\alpha(X-V)^\beta}$ α = Parámetro de escala β = Parámetro de Forma V = Parámetro de Localización.
Binomial	 Three bell-shaped curves representing binomial distributions for different probabilities: p = 0.1, p = 0.3, and p = 0.5. The curves are centered at different points on the x-axis.	$Y = \frac{n!}{r!(n-r)!} p^r q^{n-r}$ n = Número de eventos. r = Número de sucesos. p = Probabilidad de Ocurrencia. q = 1-p
Poisson*	 Three bell-shaped curves representing Poisson distributions for different probabilities: p = 0.1, p = 0.3, and p = 0.5. The curves are centered at different points on the x-axis.	$Y = \frac{(np)^r e^{-np}}{r!}$ n = Número de eventos r = Número de sucesos p = Probabilidad de ocurrencia.

Distribución de Probabilidad Normal. - Es aplicable cuando hay una concentración en observaciones acerca del promedio y es igualmente probable que las observaciones ocurrirán arriba y abajo del promedio. Variación en la observación; generalmente es el resultado de muchas causas pequeñas.

Muchas características de ingeniería pueden ser aplicadas aproximadas a la función de distribución normal, en sentido estricto la curva normal es teórica, absolutamente simétrica alrededor de su media, ésta se define -- con precisión designando sus dos parámetros, la media y la desviación estándar, por tanto, si se cambia uno u otro de los parámetros o los dos se define una curva normal diferente; la curva se extiende hasta el infinito -- en ambas direcciones por lo que la curva es la representación gráfica de la variación debida al azar, ya que se considera que la mayoría de los datos que se presentan en ingeniería y manufactura.

El área bajo la curva teórica normal, como se muestra en la figura No. 20, se divide en seis zonas, tres a cada lado de la media, cada zona es una desviación estándar en anchura; la teoría lo muestra y la práctica lo confirma que el 99.73% de los valores en una operación controlada, se encuentran entre los límites específicos al considerar la media más y menos tres desviaciones estándar. Debe notarse que el enunciado anterior es válido -- sólo cuando se conocen los parámetros de la población.

FIGURA No. 20. Curva Normal Estandarizada.



Los valores numéricos que se muestran sobre la línea base de la curva anterior representan los llamados valores Z estándar. Estos valores se presentan cuando la variable aleatoria X se expresa como una desviación a partir de la media μ medidos como múltiplos de su desviación estándar σ .

La ecuación es:
$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

dónde se puede observar que cuando $X = \mu$ $Z = 0$ ó la medida de distribución es 0, y cuando $X = \mu + \sigma$, $Z = 1$.

La cantidad Z tiene las siguientes propiedades: Carece de dimensiones, debido a que todas las unidades se cancelan. Los números son peque

ños, ya que el 99.73% de los valores de X dan un valor de Z resultante que se encuentra entre $+3$ y -3 . Sólo se requiere una tabla de probabilidades acumulativa, ya que cualquier variable aleatoria normal X se puede reducir siempre a su valor correspondiente Z .

Distribución de Probabilidad Exponencial. - Es aplicable cuando es -- probable que ocurran más observaciones abajo del promedio, que arriba. Debe notarse que en las distribuciones normal y exponencial hay formas diferentes bien definidas, un análisis de las tablas de las áreas muestra que el 50% de una población normalmente distribuida, ocurre por arriba del valor y 50% abajo, en una población exponencial el 36.8% está arriba de la media y el 63.2% abajo de la misma. Esto refuta la idea intuitiva de que la media siempre está asociada con un 50% de probabilidad.

La exponencial describe la forma de carga para algunos miembros estructurales, porque las cargas más pequeñas son más numerosas que las más grandes, también describe las distribuciones de tiempo de falla de -- equipos complejos.

Distribución de Probabilidad Weibull. - es aplicable en la descripción de una amplia variedad de modelos de variación, incluyendo las desviaciones de las distribuciones normal y exponencial. La curva de esta función varía grandemente, dependiendo de los valores numéricos de los parámetros. El parámetro más importante es el de la forma β , que refleja la forma de la curva ya que cuando $\beta = 1.0$ la función weibull se reduce a la

exponencial y cuando $\beta > 1$ la curva adquiere cierta semejanza con la curva normal pero muestra asimetría.

El parámetro de localización es el valor más pequeño posible de X , -- éste frecuentemente es supuesto como 0, de tal manera que se simplifica la ecuación.

El hecho que tenga varias formas de distribución la hace más práctica, porque reduce los problemas de examinar un conjunto de datos y decide - cual de las distribuciones comunes normal o exponencial, conviene utilizar más ventajosamente.

Distribución de Probabilidad Binomial. - Aplicable en la definición de r ocurrencias en n ensayos de un evento con probabilidad constante de ocurrencia en cada prueba independiente. La distribución binomial se emplea cuando los datos medidos son el resultado de evaluaciones independientes, donde cada medida es un éxito o un fracaso y donde la verdadera probabilidad de obtener el éxito permanece constante de una muestra a otra.

Para que un experimento se califique como binomial, una muestra debe tener las siguientes propiedades;

- a) Un número especificado de ensayos.
- b) El resultado de cada ensayo es éxito o fracaso.
- c) La probabilidad de obtener un resultado "éxito" es idéntica para todos los ensayos.
- d) Cada ensayo es independiente.

Distribución de Probabilidad de Poisson. - Igual que la binomial, pero particularmente aplicable cuando hay muchas oportunidades de ocurrencia de un evento, pero una probabilidad baja menor de 0.10 en cada ensayo. La distribución de Poisson se emplea cuando existe un gran número de - - oportunidades de que una cosa ocurra y cuando el suceso promedio es constante para una área de oportunidad específica, sin embargo, la probabilidad de que ocurra cualquier oportunidad específica es relativamente pequeña. El área de oportunidad puede ser no solo tiempo o área física, sino - que también puede tener características tales como peso, volumen o longitud. Un experimento de Poisson es aquel que posee las propiedades siguientes:

- a) El número de éxitos que ocurren en un intervalo de tiempo o en una región especificada, son independientes de las que ocurren en cualquier otro intervalo de tiempo o región del espacio.
- b) La probabilidad de un solo éxito durante un intervalo de tiempo muy corto o una pequeña región es proporcional a la duración del intervalo de tiempo o al tamaño de la región y no depende del número de éxitos que ocurren fuera de este intervalo de tiempo o región.
- c) La probabilidad de que ocurra más de un éxito en dicho intervalo - de tiempo corto o de caer en dicha región pequeña es insignificante.

CONCEPTOS DE LOS GRAFICOS.

Los gráficos de control son una herramienta que se usa primordialmente para el análisis de datos, cualesquiera que ellos sean; discretos o continuos, que son generados a través de un período de tiempo. Shewart sugirió que los gráficos de control podrían satisfacer tres funciones básicas:

- a) Definir un objetivo para una operación.
- b) Ayudar en la consecución de tal objetivo.
- c) Juzgar si el objetivo ha sido cumplido.

El último objetivo del proceso es elaborar productos que estén conformes a las especificaciones, por lo tanto, un gráfico de control es una comparación de los datos representativos del proceso para computar los "límites de control" dibujados como líneas límite en el gráfico. Los datos representativos del proceso generalmente consisten en grupos de medidas (sub-grupos racionales) seleccionados en una secuencia de producción regular, mientras se conserva el orden.

Como un uso importante de los gráficos es detectar causas asignables de variación en el proceso, este término tiene un especial significado y es esencial comprenderlo en orden para atender el concepto de gráficos de control. Las variaciones del proceso son indicios de dos tipos de causas:

- a) Fortuitas, debidas exclusivamente a imprevistos .
- b) Asignables, debidas a causas específicas encontradas.

La figura No. 21 ilustra estos conceptos.

FIGURA No. 21 Diferencia entre causas de variación aleatorias y asignables.

CAUSAS ALEATORIAS	CAUSAS ASIGNABLES
DESCRIPCION	
<ul style="list-style-type: none"> - Consiste en muchas causas <u>individuales</u>. - Cualquier causa aleatoria resulta en un tiempo de un minuto de variación (pero muchas causas aleatorias actúan juntas para producir un total). - Son ejemplos: Las variaciones humanas en establecer radios de control, pequeñas vibraciones en máquinas, pequeñas variaciones en la materia prima. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consiste en una o solo unas pocas causas individuales. - Cualquier causa asignable puede resultar en una gran cantidad de variaciones. - Son ejemplos: Organización defectuosa, los errores del operador, o un volumen de materia prima defectuosa.
INTERPRETACION	
<ul style="list-style-type: none"> - Cuando solamente la variación aleatoria está presente, el proceso está operando mejor, si los defectuosos están siendo todavía producidos, un cambio en el proceso básico debe ser hecho y revisar las especificaciones en orden a reducir material defectuoso. - Una observación dentro de los <u>límites</u> de control de variaciones aleatorias significa que el proceso debe ser ajustado. - Solamente con variaciones aleatorias, el proceso es suficientemente estable para usar procedimientos de muestreo, para predecir la calidad de la producción total, o hacer estudios de optimización del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las variaciones asignables pueden ser detectadas; la acción para eliminar las causas en general es económicamente justificada. - Si la variación asignable está presente, el proceso no está operando en lo mejor. - Una observación más allá de los <u>límites</u> de control, generalmente significa que el proceso debe ser investigado y corregido. - Con una variación asignable presente, el proceso no es suficientemente estable para usar procedimientos de muestreo para predicción.

Los principios fundamentales de la variación son:

1. - No existen dos cosas exactamente iguales.
2. - En un producto o proceso se puede medir la variación.
3. - Los resultados individuales no son predecibles.
4. - Grupos de cosas forman modelos con características definidas.
5. - La variación se atribuye a dos fuentes diferentes; una llamada -- azar, que resulta de cambios inherentes a un proceso, como la -- variación de material en bruto, el cambio en las condiciones at-- mósfericas, las vibraciones del cuarto y la repercusión en el -- equipo. La otra llamada corregible, que está formada por erro-- res sujetos a corrección, éstos pueden ser cambios básicos en -- los materiales, temperatura de proceso o velocidad incorrecta de -- las herramientas, errores del operador o daños en el equipo. -- Las variaciones debidas al azar se encuentran fuera de control y -- dan lugar al modelo característico en forma de campana, las va-- riaciones debidas a fuentes susceptibles de corrección tienden a -- distorsionar este modelo.

En un proceso de fabricación existe un número infinito de fuentes de variación sujetas a corrección, sin embargo, se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- | | |
|---------------|---------------|
| a) Hombres | b) Máquinas |
| c) Materiales | d) Mediciones |

DECISIONES PREVIAS AL USO DE LOS GRAFICOS.

Después de que se toma la decisión de utilizar una gráfica de control, se deben responder ciertas preguntas preliminares:

- a) Qué características deben investigarse?

Por lo general es la más crítica en términos de funcionamiento o bien la especificación de prueba más rigurosa.

- b) Qué calibradores o dispositivos de prueba serán necesarios?

El empleo de la gráfica de control tiene por objeto contar con una base para la acción, pero puede suceder que los datos de la gráfica no sean mejores que los dispositivos de evaluación empleados, en consecuencia, éstos dispositivos deben revisarse con regularidad para tener seguridad de las medidas, en su repetibilidad y en su calibración.

- c) Qué gráfica cumple con el propósito?

Básicamente, esta respuesta la dicta el costo de las medidas y la pérdida resultante si no se detectan los cambios importantes que ocurran. La gráfica de características o atributos se usa cuando:

- No es posible tomar medidas, como en la inspección visual de una parte.
- No es práctico tomar medidas, debido a que los calibradores son caros o el tiempo necesario para tomarlos es excesivo.
- La parte tiene muchas características para evaluar.
- La gráfica se basa en una inspección al cien por ciento.

La gráfica de variable se usa cuando:

- Se involucra una característica crítica, tal como es la localización de un punto.
- Se desea un control más preciso que el control de características.

d) Qué medida de muestra debe adoptarse?

Cuando se emplea la gráfica por atributos una muestra de porcentaje constante no asegura un riesgo constante de que la variación no aleatoria será detectada, ésto indica que la medida de la muestra no se debe asignar en razón directa a la medida del lote.

En general la medida debe ser suficientemente grande a fin de que exista la oportunidad de que se encuentren algunos artículos defectuosos en la muestra y también para que el límite de control inferior se encuentre arriba de cero. Cuando se emplea la gráfica de variables es esencial escoger un tamaño de muestra tal, que haya una mínima oportunidad para que la variación se encuentre dentro de ello, cuanto menor sea el tamaño, un tanto mayor será la variación entre los promedios de muestras sucesivas. Otra consideración importante es el costo asociado con la adquisición de datos y su análisis, ésto último es el factor primario más frecuente en la determinación del tamaño de la muestra.

e) Con qué frecuencia debe tomarse la medida?

Esta decisión también se basa esencialmente en consideraciones económicas, además se consideran las atenuantes derivadas de la

acción tomada con respecto a las condiciones fuera de control, si la historia muestra esporádicamente que la variación está disponible, se puede usar ésto para establecer la frecuencia de la toma de muestras. Cualquiera que sea la decisión se debe evitar la definición del momento en que se realizan las medidas.

f) **Cómo debe seleccionarse la muestra?**

Un problema importante consiste en eliminar cualquier predisposición para que la selección de la muestra se haga al azar y en realidad represente al grupo de que se ha extraído. Si todas las partes producidas por una máquina o proceso, o que hayan sido probadas en un equipo de laboratorio se tienen disponibles como lote, la muestra de este lote se puede tomar al azar, ésta será una representación adecuada de un período específico si la muestra se forma con partes sucesivas, representa solo ese tiempo en particular, la muestra debe ser homogénea.

DESCRIPCION DE UNA GRAFICA DE CONTROL.

Las partes principales de una gráfica de control para variables son básicamente las mismas que para atributos por lo tanto se exponen conjuntamente. Una gráfica de control incluye generalmente las siguientes cuatro partes principales:

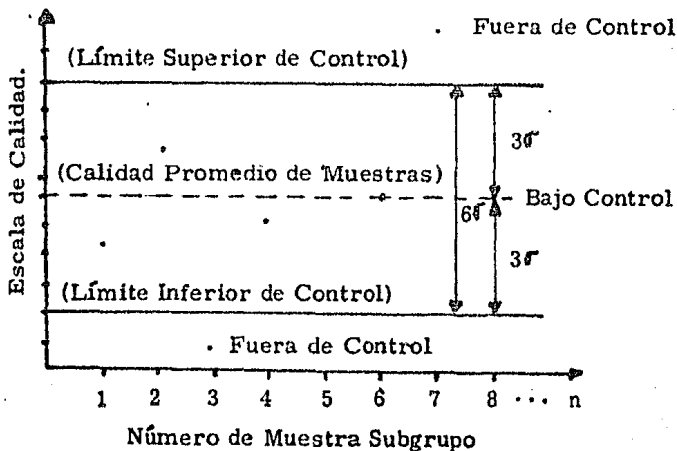
- a) **Escala de calidad.** - Esta es una escala vertical que está marcada de acuerdo con las características de la calidad de cada muestra.
- b) **Marcas de las muestras.** - En una gráfica de control solamente se

marca la calidad de la muestra total representada por un solo valor, éste se marca con un punto.

- c) **Números correspondientes a las muestras.** - Es una línea horizontal que se coloca en la parte inferior de la gráfica y es numerada individual y consecutivamente al número de muestra.
- d) **Tres líneas horizontales.** - La línea central representa la calidad promedio de las muestras, la línea superior muestra el límite de control superior el cual se obtiene comunmente aumentando tres sigmas al promedio, la línea de abajo es el límite de control inferior el cual se obtiene restando tres sigmas del promedio.

En la figura No. 22, se muestran las partes antes mencionadas.

FIGURA No. 22. Partes Principales de una Gráfica de Control.



Como aclaración, se advierte que en algunos tipos de procesos puede haber límite de control superior solamente, tal como una dimensión que no exceda un número dado de pulgadas; o puede haber límite de control inferior solamente, tal como la resistencia de una cuerda que esté sobre un número mínimo de pulgadas.

ELABORACION DE LOS GRAFICOS DE CONTROL.

Para construir un gráfico de control se siguen los pasos que a continuación se describen:

- L - Seleccionar la característica que se graficará.
 - a) Dar alta prioridad a la característica corriente de las series defectuosas, un análisis de Pareto puede establecer tal prioridad.
 - b) Identificar las variables del proceso y las condiciones que contribuyen a las características finales del proceso, así como definir las aplicaciones potenciales desde la materia prima, a través de los pasos del proceso hasta las características finales.
 - c) Coleccionar los datos necesarios por los métodos de medición que se hayan seleccionado, para el diagnóstico de causas y determinar la acción.
 - d) Determinar el primer punto en el proceso de producción en el cual puede hacerse la prueba para obtener información para que la carta pueda servir como un primer recurso de aviso de alarma para prevenir posibles defectuosos.

2. - Seleccionar el tipo de gráfico de control. - La figura No. 23 compara tres tipos básicos de gráficos de control.
3. - Decidir la línea central que se va a usar y la base de cálculo de límites. La línea central puede ser el promedio de los datos pasados, o bien, ser un promedio deseado (por ejemplo un valor estándar). Los límites generalmente son ± 3 desviaciones estándar.
4. - Encontrar el sub-grupo racional. - Cada punto en el gráfico representa un sub-grupo o muestra consistente en varias unidades de producto. Para propósitos de control de procesos, los sub-grupos deberán seleccionarse en tal forma que las unidades dentro del sub-grupo tengan la más grande oportunidad de ser iguales y las unidades entre los subgrupos, tengan la más grande oportunidad de ser diferentes.
5. - Calcular los límites de control y proporcionar instrucciones específicas de la interpretación de los resultados y las acciones que deben ser tomadas por el personal de producción. Las fórmulas de los límites de control para los tres tipos básicos de gráficos se muestran en la figura No. 24.

MEDIDA ESTADÍSTICA GRAFICADA	GRAFICA $\bar{X} - R$ $\bar{X} - \sigma$	PORCENTAJE DEFECTUOSO (P)	NUMERO DE DEFECTOS (C)
- Tipos de datos requeridos.	Datos variables (valores medidos de una característica).	Datos por atributos (número de unidades de producto defectuosas).	Datos por atributos (número de defectos por unidad producto).
- Campo general de aplicación.	Control de característica individuales.	Control total de la fracción defectuosa de un proceso.	Completo control del número de defectos por unidad
- Ventajas significantes.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Proporciona la máxima utilización de la información disponible de los datos. 2) Proporciona información detallada del promedio del proceso y de las variaciones para el control de dimensiones individuales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Los datos requeridos están ya disponibles de los registros de inspección. 2) Son fácilmente entendibles por todo el personal. 3) Proporcionan una visión completa de calidad. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Las mismas ventajas que para la gráfica P, pero proporciona también una medida de defectividad.
- Desventajas significantes.	<ol style="list-style-type: none"> 1) No se entiende a menos que se proporcione capacitación; puede causar confusión entre los límites de control y los límites de tolerancia. 2) No puede ser utilizada con datos del tipo pasa/no pasa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) No reconoce los diferentes grados de defectividad en unidades de producto. 2) No proporciona información detallada para el control de las características individuales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) No aporta información detallada para el control de características detalladas

FIGURA No. 23. Comparación de algunos gráficos de control.


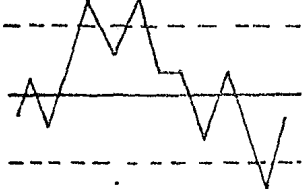
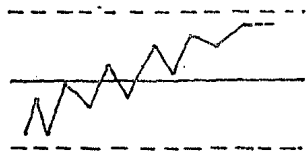

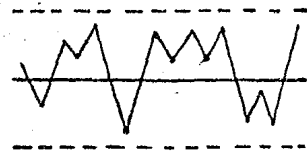
FIGURA No. 24. Fórmulas para los límites de las Gráficas de Control.

GRAFICA PARA	LINEA CENTRAL	LIMITE INFE- RIOR.	LIMITE SUPE- RIOR.
Promedios, \bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} - A_1\bar{\sigma}$	$\bar{\bar{X}} + A_1\bar{\sigma}$
	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$
Rangos. R	\bar{R}	$D_3\bar{R}$	$D_4\bar{R}$
Desviación Estándar, σ	$\bar{\sigma}$	$B_3\bar{\sigma}$	$B_4\bar{\sigma}$
Porcentaje Defectuoso, P	\bar{P}	$\bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$	$\bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$
Número de Defectuosos, C	\bar{C}	$\bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$	$\bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$

Para los factores utilizados en la figura anterior, A_1 , A_2 , D_3 , D_4 , B_3 y B_4 , existen tablas anexas dónde los valores se consultan en función de la muestra (n).

Aunque los límites de control permiten poner en evidencia situaciones de desviación, existen otros síntomas importantes de anomalía que se dan en la figura No. 25.

FIGURA No. 25. Tendencia en las Gráficas de Control, su descripción y causas posibles.

GRAFICA	DESCRIPCION	CAUSAS POSIBLES
	NORMAL	Variaciones debidas al azar.
	INESTABLE	<ul style="list-style-type: none"> - Herramienta - Material - Operador - Sobre-Control
	TENDENCIA ACUMULATIVAS	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de la Herramienta - Refrigerantes con pérdidas de sus propiedades.
	CICLICA	<ul style="list-style-type: none"> - Diferentes ejes de trabajo. - Fluctuación del voltaje - Efectos estacionales.
	CAMBIOS REPENTINOS DE NIVEL	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio de material u operador - Máquina nueva. - Sobre-Control.

GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLE

Lo ideal sería que nunca se fabricaran artículos defectuosos, sin embargo no sucede así, ya que por lo general, ello se debe a alguna falla en el proceso de producción. El control del proceso tiene por objeto identificar y corregir dichas fallas, así como detectarlas mediante un gráfico de control por variables, cuando las mediciones proporcionan datos continuos.

Los datos continuos son aquellos que expresan numericamente una dimensión, un peso, una dureza, una resistencia a la tensión, una temperatura, etc. Cualquiera de esas características que no va de acuerdo a las especificaciones indicadas, hace necesaria la elaboración de un gráfico de control por variables. En la mayoría de las aplicaciones, el gráfico empleado es el de promedios (\bar{X}) o el de rango (R), aunque existen otros tipos que han sido ideados.

Los gráficos \bar{X} y R han recibido, probablemente, el reconocimiento que a ninguna otra herramienta del control estadístico de calidad se le ha otorgado. Es un medio gráfico para representar la variabilidad entre las muestras (\bar{X}) y dentro de (R). Propiamente aplicado, éste puede contestar varias preguntas relacionadas a una operación:

1. - Se debe la variación a una casualidad o a alguna causa asignable?
2. - Se encuentra la operación a un nivel adecuado?
 - a) Está propiamente centrado?

b) Es la amplitud satisfactoria?

3. - Se puede esperar que la operación continúe de esta manera?

Una gráfica de control \bar{X} - R muestra tanto el valor promedio (\bar{X}) como el rango (R) del proceso. La porción \bar{X} muestra cualquier cambio en el valor promedio del proceso, mientras que la porción R, cualquier dispersión o variación del proceso.

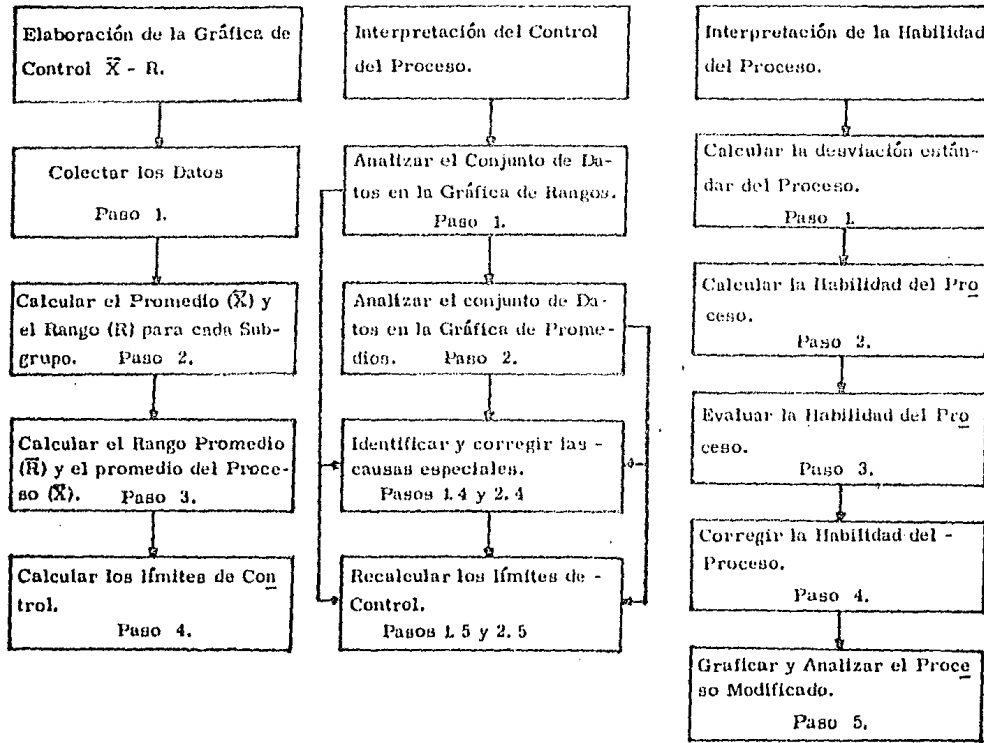
Existen dos métodos generales para el establecimiento de los límites en las gráficas de control por variables.

- 1 - Calcular los límites de control de acuerdo con el valor medio del proceso.
- 2 - Modificar los límites de control, a fin de tomar en consideración la variación justa en el dibujo con los límites de especificaciones.

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DE ACUERDO CON LAS MEDIAS DEL PROCESO.

A continuación se presentan en la figura No. 26 los pasos a seguir para este método.

FIGURA No. 26. Diagrama de Flujo para los Gráficos \bar{X} -R.



ELABORACION DE LA GRAFICA DE CONTROL \bar{X} - R.

PASO 1. - Colectar los datos. - Los datos son el resultado de la medición de las características del producto, los cuales deben ser registrados y agrupados de acuerdo al siguiente plan;

1.1 - Seleccionar la frecuencia y el tamaño de la muestra.

1.2. - Establecer la forma en que se registrarán los datos.

PASO 2. - Calcular el promedio (\bar{X}) y el rango (R) para cada subgrupo.

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

$$R = X \text{ mayor} - X \text{ menor}$$

2.1 - Seleccionar la escala para las gráficas.

2.2. - Trazar la gráfica de rangos y promedios.

PASO 3. - Calcular el rango promedio (\bar{R}) y el promedio del proceso ($\bar{\bar{X}}$).

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$

PASO 4. - Calcule los límites de control.

4.1 - Dibujar las líneas de promedios y límites de control.

INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO.

PASO 1. - Analizar el conjunto de datos en la gráfica de rangos.

- 1.1 - Puntos fuera de los límites de control.
- 1.2 - Adhesión a las líneas de control.
- 1.3 - Series.
- 1.4 - Identificar y corregir las causas especiales en la gráfica de rangos.
- 1.5 - Recalcular los límites del control.

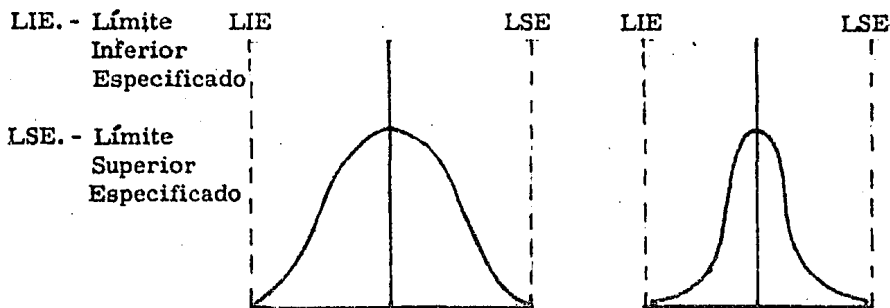
PASO 2. - Analizar el conjunto de datos en la gráfica de promedios.

- 2.1 - Puntos fuera de los límites de control.
- 2.2 - Adhesión a los límites.
- 2.3 - Series.
- 2.4 - Identificar y corregir las causas especiales.
- 2.5 - Recalcular los límites de control.
- 2.6 - Extender los límites de control para un control cotidiano.

INTERPRETACION DE LA HABILIDAD DEL PROCESO.

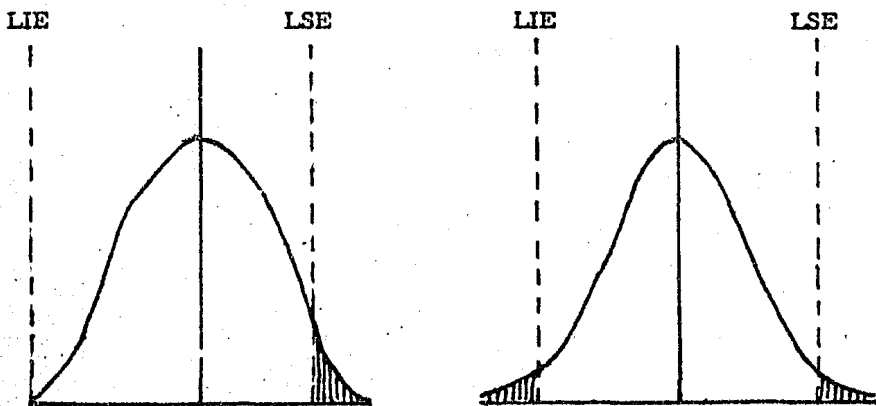
Una vez que se ha determinado si el proceso está en control estadístico (puntos dentro de los límites o distribuidos sin tendencias), la siguiente pregunta será si el proceso es hábil; esto es, cumple con las especificaciones de ingeniería en forma consistente?. La figura No. 27, muestra el concepto de un proceso hábil.

FIGURA No. 27. Concepto de Proceso Hábil.



Si la habilidad no es aceptable, entonces un cambio importante debe ser hecho para mejorar el sistema. Dado que la habilidad refleja una variación de causas comunes (ya que las causas especiales fueron corregidas para mantener el proceso bajo control) la falla de dicha habilidad en un proceso por lo regular se debe a fallas en el sistema. La figura No. 28 muestra dos procesos iguales.

FIGURA No. 28. Procesos Iguales.



El procedimiento para evaluar la habilidad del proceso comienza después de que el problema de control en las gráficas \bar{X} y R ha sido resuelto (causas especiales para evitar su repetición) y el control continuo de las gráficas refleja que el proceso está en control en 25 o más subgrupos; es como sigue:

PASO 1 - Calcular la desviación estándar del proceso. - Dado que la variación en el proceso de una pieza a otra se refleja en el rango, la estimación de σ está basada en el promedio de rangos \bar{R} por: $\sigma = \bar{R}/d_2$.

PASO 2. - Calcular la habilidad del proceso. - Esta es descrita en términos de la distancia que hay entre el promedio del proceso \bar{X} y los límites de especificación, dicha distancia estará en unidades de Z. Cuando la tolerancia de la especificación es unilateral: $Z = \frac{LE - \bar{X}}{\sigma}$

Para tolerancias bilaterales:

$$Z_s = \frac{LSE - \bar{X}}{\sigma} \quad Z_i = \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma}$$

Z es usada en conjunto con la tabla de distribución normal para estimar la fracción de piezas que están fuera de especificación.

Se anexa tabla de distribución normal.

Otra forma de evaluar la habilidad en dos procesos es a través de los parámetros C_p y C_{pk} . El parámetro C_p muestra la habilidad potencial que tiene el proceso para cumplir con las especificaciones del diseño, el parámetro C_{pk} muestra la habili-

dad real que tiene el proceso. El parámetro C_p está definido como la comparación entre la variación actual del proceso y la variación permitida por especificación, entonces la habilidad potencial del proceso queda definida como:

$$C_p = \frac{\text{Variación Especificada o Permitida}}{\text{Variación actual del Proceso}} = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Así para un valor de $C_p = 1.00$ para $\pm 3\sigma$ y $C_p = 1.33$ para $\pm 4\sigma$ son los requerimientos mínimos para decir que un proceso es potencialmente hábil; cualquier valor menor que 1 implica que el proceso no es potencialmente hábil.

Es deseable conocer cual es el potencial de habilidad del proceso, pero también es necesario evaluar la habilidad real lo cual es posible a través del parámetro C_{pk} y puede calcularse en dos formas:

1. - A través del parámetro Z.

$$C_{pk} = \frac{Z \text{ mfn.}}{3}$$

2. - A través del parámetro C_p .

a) Definir el punto medio de la especificación.

$$M = \frac{LSE + LIE}{2}$$

b) Definir la diferencia entre el punto medio de la especificación y el promedio del proceso.

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

c) Definir el índice de localización k.

$$k = \frac{2D}{W} \quad W = LSE - LIE$$

d) Finalmente C_{pk} quedará definido como:

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

Supongamos que: $\bar{X} = 0.738$

$$\sigma = 0.0725$$

$$LSE = 0.900$$

$$LIE = 0.500$$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{0.900 - 0.500}{6(0.0725)} = 0.919$$

$C_p = 0.919 < 1$ por lo que el proceso potencialmente no es hábil.

Por lo tanto ya no sería necesario evaluar la habilidad real, --
sin embargo, se puede desarrollar como ejercicio:

$$1 - C_{pk} = \frac{Z \text{ mín.}}{3}$$

$$Z_{sup} = \frac{LSE - \bar{X}}{\sigma} = \frac{.900 - .738}{.0725} = \frac{.162}{.0725} = 2.23$$

$$Z_{inf} = \frac{\bar{X} - LIE}{\sigma} = \frac{.738 - .500}{.0725} = \frac{.238}{.0725} = 3.28$$

$$\text{Por lo tanto } Z \text{ mín.} = \frac{2.23}{3} = 0.743$$

Como $C_{pk} = 0.743 < 1$ este proceso no es realmente hábil

ni para $+3\sigma$ ni para $+4\sigma$

$$2. - a) M = \frac{LSE + LSI}{2} = \frac{.900 + .500}{2} = 0.7$$

$$b) D = \left| M - \bar{X} \right| = \left| 0.7 - 0.738 \right| = 0.038$$

$$c) k = \frac{2D}{W} \quad W = LSE - LIE = .900 - .500 = .400$$

$$k = \frac{2(0.038)}{.400} = 0.19$$

$$d) C_{pk} = C_p (1 - k) = 0.919 (1 - 0.19) = 0.744$$

La conclusión es similar a la del método 1 ya que los valores son casi iguales.

PASO 3. - Evaluar la habilidad del proceso. - En este punto el proceso -- está bajo control estadístico y su habilidad ha sido calculada, - por lo que falta decidir si la evaluación es aceptable o no. Cuando existe un criterio de habilidad, la regla para decidir se simplifica; los procesos que fallan en cumplir con el criterio re -- quieren de una acción inmediata en esta situación existe un grupo habilitado de acciones disponibles:

- Seleccionar el producto y deshechar o reparar cualquier pieza que no cumpla con las especificaciones (propuesta costosa).
- Requerir que las tolerancias de las especificaciones sean alteradas y consistentes con la habilidad del proceso (acción administrativa que no mejorará el producto).
- Mejorar la habilidad del proceso mediante la reducción de la variación de las causas comunes.

PASO 4. - Corregir la habilidad del proceso. - Las acciones deben ser dirigidas hacia los factores del proceso que generan su variabilidad, tales como la habilidad inherente en lá máquina, consis--

tencia en la calidad de los materiales utilizados, los métodos básicos de operación del proceso o las condiciones ambientales de trabajo.

PASO 5. - Graficar y analizar el proceso modificado. - una vez tomadas las acciones correctivas en el sistema, sus efectos deben hacerse visibles en las gráficas, especialmente en la reducción de los valores de los rangos. Las gráficas en este caso son una forma de verificar la efectividad de las acciones tomadas.

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL, BASANDOSE EN LOS LIMITES DE ESPECIFICACIONES.

El procedimiento general para el establecimiento de los límites de control, incluye la determinación de las condiciones del proceso que correspondan a manufactura de las piezas de que se trata y el desarrollo de un nomograma basado en este análisis. un procedimiento efectivo para satisfacer este objetivo se ha desarrollado en los últimos años, está fundado en el cálculo de la capacidad del proceso para cada caso. Los valores de esta capacidad de proceso son equivalentes a los límites de proceso en las distribuciones de frecuencia "representativas" del proceso de que se trate, es decir, la cantidad de variación que generalmente se debe obtener en el proceso.

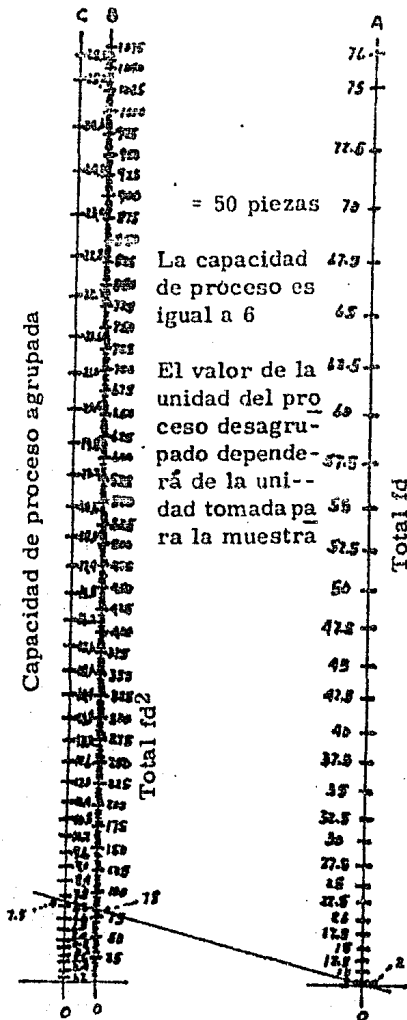
El procedimiento para el calculo de los límites de control de acuerdo con los límites de especificaciones, basándose en el valor de la capacidad del proceso es el siguiente:

1 - Determinación de los valores de la capacidad del proceso para el

cual se vayan a determinar los límites de control.

2. - Determinar los límites de control, partiendo del valor de la capacidad del proceso, por medio del nomograma (figura No. 29), el cual tiene como argumento la capacidad del proceso, este nomograma se puede emplear para cualquier pieza que se vaya a producir en la máquina o proceso de que se trate.

FIGURA No. 29. Nomograma para Capacidad de Proceso.



Las formulas siguientes se emplean en combinación con los datos del nomograma:

Límite inferior de control = Límite inferior de especificación + Q.

Límite superior de control = Límite superior de especificación - Q

En dónde: Q = al porcentaje de la capacidad del proceso, dado por el nomograma.

3. - Trazar éstos límites de control en una hoja cuadrículada, una vez que se juzgue que son económicamente aceptables.
4. - Emplear la gráfica para el control de la calidad de las piezas para producción, seleccionar periódicamente los subgrupos de muestra, calcular el valor de la media, comparar este valor con los límites de control a fin de determinar si se requiere una acción correctiva.

ASPECTOS ADICIONALES DE LOS GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES.

Debe nuevamente enfatizarse que un estado de control no necesariamente significa que el proceso está operando satisfactoriamente, el proceso podría ser estable a un nivel erróneo o podría haber demasiada variación inherente. el gráfico auxilia en la producción de productos de calidad en las siguientes formas:

1. - Determina si el proceso es idóneo (capacidad de proceso).
2. - Da respuesta a la pregunta del operador, cómo lo estoy haciendo?
3. - Proporciona información de cuándo y cuánto hay que ajustar el pro

ceso.

4. - Indica cuándo dejar solo el proceso.
5. - Indica variaciones anormales dentro o entre las muestras.
6. - Ayuda a la definición de problemas tales como el uso de herramienta, diferencias de operadores o material defectuoso.

Finalmente, podemos concluir recordando que la aplicación del gráfico co, es una herramienta de DIAGNOSIS y debe usarse donde hay problemas con respecto al hombre, a la máquina, al material o a la toma de medidas.

GRÁFICOS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

Cuando la característica de calidad puede ser obtenida solamente como un atributo, conforme o no conforme a especificaciones, un gráfico de control por atributos puede ser utilizado. Los datos por atributos tienen sólo dos posibilidades (conforma/no conforma, pasa/no pasa, Ok/no Ok, presente/ausente), pero pueden ser contados para registro y análisis, como ejemplo se puede mencionar la presencia de una etiqueta requerida, la instalación de los tornillos especificados, la presencia de salpicaduras de soldadura o la continuidad de un circuito eléctrico.

Como herramienta de análisis estadístico se utiliza para revelar si una variación asignable está presente o ausente. Aunque no es tan sensitivo como un gráfico de control por variables, éste juega un papel importante en el control de calidad. Las gráficas de control por atributos son importantes por las siguientes razones:

- a) Las operaciones medidas por atributos existen en cualquier proceso de manufactura o ensamble, por lo que estas técnicas son muy útiles.
- b) Los datos están disponibles en múltiples situaciones siempre que exista inspección, listados de reparaciones, material seleccionado o rechazado, etc.
- c) Cuando se requiere obtener datos, la información por atributos es generalmente rápida y barata de obtener y con medios simples, no necesita de personal especializado.

- d) Los gráficos de control por atributos son más fáciles de construir e interpretar que los gráficos por variables.

Si los criterios de aceptación al utilizar este tipo de gráficos deben estar claramente definidos y el procedimiento para decidir si esos criterios se están alcanzando es producir resultados consistentes a través del tiempo. Este procedimiento consiste en definir operacionalmente lo que desea medir, una definición operacional consiste en:

- Un criterio que se aplica a un objeto o a un grupo.
- Una prueba del objeto o del grupo.
- Una decisión, sí o no; el objeto o el grupo alcanza o no el criterio.

Antes de continuar con los gráficos de control, debe definirse lo siguiente:

- Defecto. - Cualquier característica individual que no está de acuerdo con los requerimientos.
- Defectuoso. - Cualquier pieza que contiene uno o más defectos. Los defectos pueden ser críticos, mayores o menores.

En este apartado se verán los siguientes gráficos de control por atributos:

- Gráfico P. - Para el control de la fracción defectuosa o porcentaje defectuoso (tamaños de muestras no necesariamente constantes).
- Gráfico C. - Para el control de elementos defectuosos (tamaños de muestras constantes).

- Gráfico U. - Para control de defectos por unidad (tamaños de muestras no necesariamente constantes).

GRAFICO P.

El muestreo por atributos es un procedimiento que comprende dos aspectos. Las unidades revisadas se aceptan o se rechazan, y en cada lote se encontrará una proporción P de unidades que están en el segundo caso. Después de cierto tiempo de muestrear los lotes de entrada o las corridas de salida, se puede obtener, a partir de la media de las P disponibles hasta el momento, una proporción estimada de defectos conocida como \bar{P} . Esta \bar{P} representa el mejor estimador de la proporción real de defectos correspondiente a todos los lotes de entrada inspeccionados. Si no hay razón para suponer que la fabricación del producto ha cambiado en forma notable, \bar{P} representa un estimador razonable de la proporción de defectos de los próximos lotes de entrada.

Como el muestreo por atributos separa las unidades defectuosas halladas en una muestra tomada aleatoriamente de una corrida o de un lote, dicho muestreo posee al menos uno de los requisitos principales de una distribución binomial. Las muestras contienen unidades buenas y malas.

Las muestras tomadas de lotes sucesivos tendrán valores P con una tendencia característica central; sin embargo, dada la naturaleza del muestreo aleatorio, las P también tendrán una dispersión característica a pesar de que se originan de la misma fuente con proporción constante.

El gráfico de control P es más efectivo cuando las muestras son grandes (más de 50), o cuando el número esperado de unidades defectuosas -- por muestra, es cuatro o más.

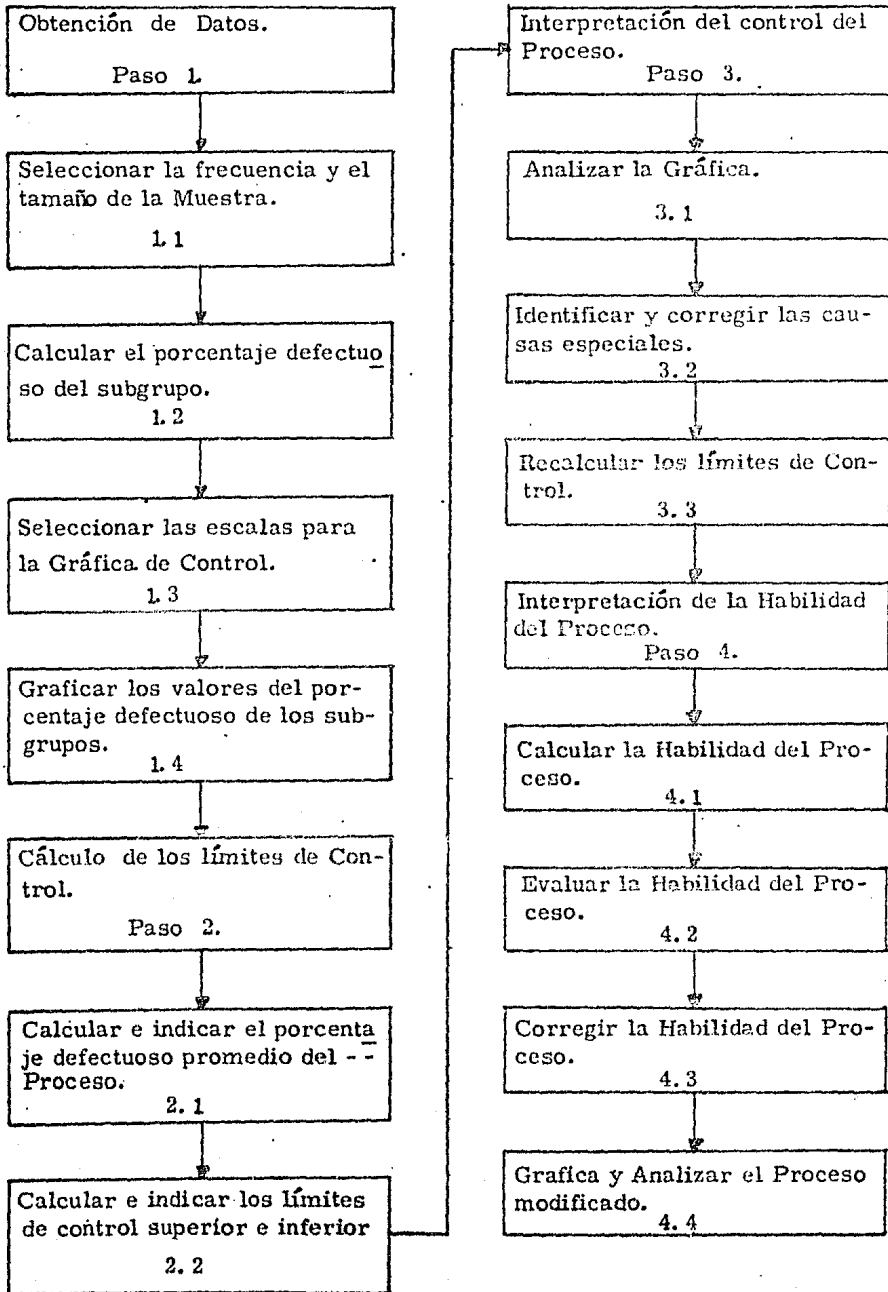
Los gráficos de control basados en datos de porcentaje defectuosos, han demostrado su efectividad para el control de la calidad durante la producción. Se emplean dos variedades principales que son:

Forma 1. - Tamaño de muestra constante. - Se basan estas gráficas en la comparación de los valores del porcentaje defectuoso o de la fracción defectuosa, con los límites de control deducidos estos datos de una serie de muestras de un tamaño constante. Estas muestras se seleccionan periódicamente del proceso de producción (cada hora, cada quince minutos - cada mañana).

Forma 2. - Tamaño de muestra variable. - Estos gráficos se emplean cuando se efectúa una inspección cien por ciento de las piezas o conjuntos como parte de la rutina de la factoría. El tamaño de la muestra en este caso, es el de la producción total durante el período de que se trate, y por tal motivo, tendrá que ser diferente de un período a otro.

Los pasos para la construcción de las gráficas de control por atributos, se muestran en la figura No. 30.

FIGURA No. 30. Diagrama de Flujo.



PASO 1 - Obtención de Datos.

1.1 - Es muy importante establecer la frecuencia de los subgrupos (hora, día, semana) y la cantidad a controlar -- (del 100% a una muestra)

1.2 - Registrar la siguiente información para cada sub-grupo.

- El número de partes inspeccionadas - n
- El número de partes defectuosas - d

Por lo que:
$$p = \frac{d}{n}$$

1.3 - La fracción o porcentaje defectuoso debe indicarse en la escala vertical y los subgrupos en la horizontal.

1.4 - Graficar los valores de p de cada subgrupo. Es útil unir los puntos graficados con líneas para visualizar mejor - los patrones o tendencias.

PASO 2. - Cálculo de los límites de control.

2.1 - Calcular el porcentaje defectuoso promedio para los k - subgrupos del período en estudio;

$$\bar{P} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

2.2. - Los límites de control se establecen a partir del promedio del proceso más o menos una tolerancia para la variación promedio esperada, en función del tamaño de la muestra.

$$LSC_p = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}}$$

$$LIC_p = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

El límite inferior se coloca en cero siempre que se obtenga de valor negativo, ya que este valor estará dentro de la variación aleatoria posible.

PASO 3. - Interpretación del Control del Proceso. - El principal objetivo de este paso es identificar la información relevante que indica cuando el proceso no está operando en forma consistente. Si está fuera de control tomar las acciones correspondientes.

3.1 - a) Puntos fuera de los límites de control. Un punto por encima del límite superior (mayor fracción defectuosa) puede ser indicación de que:

- El límite de control ha sido mal calculado o el punto mal graficado.
- El desarrollo del proceso a empeorado, ya sea en ese momento o como parte de una tendencia.
- El sistema de medición ha sido modificado (inspector, calibrador, etc.).

Un punto debajo del límite inferior (menor fracción defectuosa) puede ser una indicación de que:

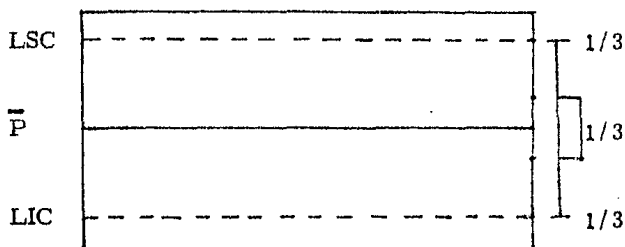
- El límite de control ha sido mal calculado o el punto mal graficado.
- El desarrollo del proceso a mejorado (esta condición debe estudiarse con el fin de que las mejoras

obtenidas puedan ser incorporadas en forma permanente o estable).

- El sistema de medición fue modificado.

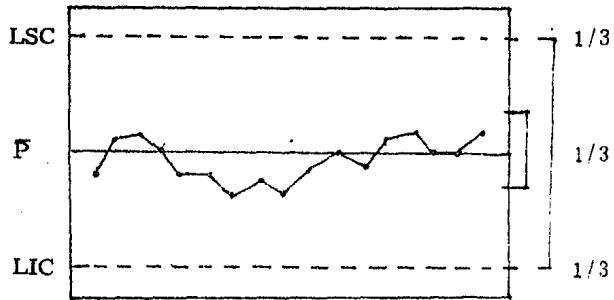
- b) Adhesión a las líneas de control. Para evaluar y poder decidir si hay o no adhesión a la línea central, se divide la distancia que hay entre el LSC y el LIC en tres partes iguales como se muestra en la figura No. 31.

FIGURA No. 31 División de la Gráfica.



Si una cantidad sustancialmente mayor a dos tercios de los puntos graficados, se encuentran concentrados dentro del tercio medio, existe adhesión a la línea central, según la figura No. 32.

FIGURA No. 32. Adhesión a la Línea Central.

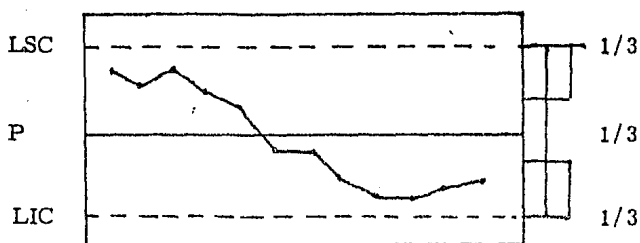


Por lo que se tiene que verificar lo siguiente:

- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
- Suelen haberse mezclado en el subgrupo un tipo diferente de datos o datos de factores diferentes (máquinas, materiales, mano de obra diferente).
- Los datos han sido alterados.

Si una cantidad sustancialmente mayor a un tercio de los puntos graficados se encuentra dentro de los dos tercios exteriores, existe adhesión a las líneas de control, según figura No. 33.

FIGURA No. 33. Adhesión a las Líneas de Control.

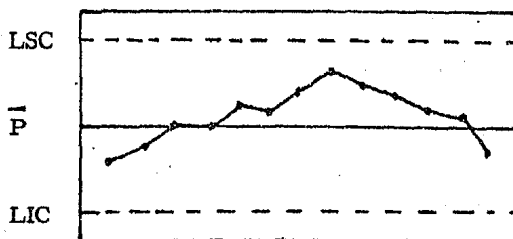


Cuando esta situación se presenta, verificar lo siguiente:

- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
- Suelen haberse mezclado en el subgrupo un tipo diferente de datos o datos de factores diferentes.

c) Series. Una serie es una sucesión de puntos que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso. Cuando 7 o más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio, la serie recibe el nombre de corrida, ver figura No. 34.

FIGURA No. 34. Corrida.



Una serie por encima del promedio del proceso puede significar:

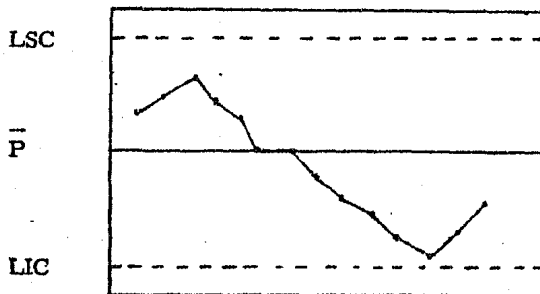
- El desarrollo del proceso ha desmejorado y puede estar aún empeorando.
- El sistema de medición fue modificado.

Una serie por debajo del promedio del proceso puede indicar que:

- El desarrollo del proceso ha mejorado.
- El sistema de medición ha sido mejorado.

Si 7 o más intervalos consecutivos se presentan con valores crecientes, la serie recibe el nombre de -- tendencia, (figura No. 35.)

FIGURA No. 35. Tendencia Descendente.



- 3.2. - Cuando a través del análisis de los datos se identifique una condición de falta de control, se debe estudiar el proceso para determinar la causa, la acción correctiva deberá ser tal, que evite la repetición del problema.
- 3.3. - Una vez identificadas y corregidas las causas especiales de variación, se debe eliminar todos los puntos fuera de control para los cuales se encontraron las causas, recalcular y graficar el promedio del proceso y sus límites de control.

PASO 4. - Interpretación de la habilidad del Proceso.

- 4.1. - Para la gráfica P, la habilidad del proceso se refleja a través del promedio de los subgrupos, calculando en base a todos los puntos que están bajo control. Esto puede ser expresado también como el porcentaje que está dentro de especificaciones ($1 - \bar{P}$) comparado contra un valor objetivo o límite.
- 4.2. - La habilidad del proceso refleja su desarrollo actual y lo que se puede esperar del mismo en la medida en que continúe bajo control y no se produzcan cambios que modifiquen su habilidad.
- 4.3. - Una vez que el proceso está bajo control estadístico, el nivel promedio de defectos reflejará las causas del sistema que afectan la habilidad del proceso. Es necesario generar soluciones a largo plazo para corregir las fuen-

tes de defectos crónicos.

4. 4. - Una vez adoptadas las acciones correctivas sobre las fallas del sistema, sus efectos deben manifestarse en los gráficos de control; éstos se transforman en un medio para verificar la efectividad de dichas acciones.

GRAFICO C.

El gráfico C mide el número de defectos (discrepancias) en un lote inspeccionado, requiere tamaños de muestra o tamaños de material inspeccionado constantes. Esta gráfica se aplica en dos tipos de situaciones:

- 1 - Donde las discrepancias se distribuyen a través de un flujo más o menos continuo del producto (defectos en un rollo de vinilo de "X" metros, burbujas en un parabrisas o puntos con aislante delgado en un conductor), y donde se puede expresar el promedio o la relación de defectos (ejemplo: número de defectos por cada cien -- metros cuadrados de tela).
- 2 - Donde los defectos provenientes de diferentes fuentes (líneas, operaciones) puedan encontrarse en una unidad inspeccionada (los defectos en una estación de inspección de línea donde cada vehículo o componente puede tener uno o más defectos potenciales dentro de -- un patrón de variación muy amplio).

La forma de elaborar el gráfico C es similar al gráfico P, con las siguientes excepciones:

PASO 1 - Obtención de datos.

- Los tamaños de muestra inspeccionados deben ser constantes, de manera que los valores graficados de C reflejen los cambios en el desarrollo de la calidad (C: representa la ocurrencia de defectos).
- Registrar y graficar el número de defectos de cada subgrupo (C).

PASO 2. - Cálculo de los límites de control.

- Calcular el número de defectos promedio del proceso (C).

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_k}{n} = \frac{\sum C}{n}$$

- Calcular los límites de control.

$$LSC_C = \bar{C} + 3 \sqrt{\bar{C}}$$

$$LIC_C = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$$

PASO 3. - Interpretación del control del proceso.- La interpretación del control del proceso en una gráfica C es igual a la descrita en la gráfica P.

PASO 4. - Interpretación de la habilidad del proceso. - La habilidad del proceso es \bar{C} , el número promedio de defectos en una muestra de tamaño fijo, n.

GRAFICO U.

El gráfico U mide la cantidad de defectos (discrepancias) por unidad de inspección en subgrupos cuyos tamaños pueden ser variables. Es similar

a la gráfica C, con la diferencia de que la cantidad de defectos se expresa sobre una base unitaria. Las gráficas C y U son adecuadas para las mismas situaciones, pero deberá utilizarse la gráfica U si:

- 1 - La muestra incluye más de una unidad o si,
- 2 - El tamaño de la muestra varía entre subgrupos.

Las instrucciones para la elaboración de esta gráfica son similares a las de la gráfica P con las siguientes excepciones:

PASO 1. - Obtención de Datos.

- El tamaño de la muestra puede variar entre subgrupos. El cálculo de los límites de control se simplifica en la medida en que la variación de los subgrupos no exceda del 25% del tamaño de la muestra promedio.
- Registrar y graficar los defectos por unidad de cada subgrupo (U):

$$U = \frac{C}{n}$$

dónde: C = Cantidad de defectos encontrados.

n = Tamaño de la muestra (número de unidades inspeccionadas) del subgrupo.

PASO 2. - Cálculo de los Límites de Control.

Calcular la cantidad de defectos promedio por unidad del proceso (\bar{U}).

$$\bar{U} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \frac{\sum C}{\sum n}$$

- Calcular los límites de control.

$$LSC_u = \bar{U} + 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$$

$$LIC_u = \bar{U} - 3 \sqrt{\frac{\bar{U}}{n}}$$

PASO 3. - Interpretación del control del proceso. - La interpretación del control del proceso en una gráfica U es igual a la descrita en la gráfica P.

PASO 4. - Interpretación de la Habilidad del Proceso. - La Habilidad del proceso es \bar{U} , el número promedio de defectos por unidad.

APLICACION DE LOS GRAFICOS EN EL AREA DE MAQUINADO

METODO DE TRABAJO ACTUAL.

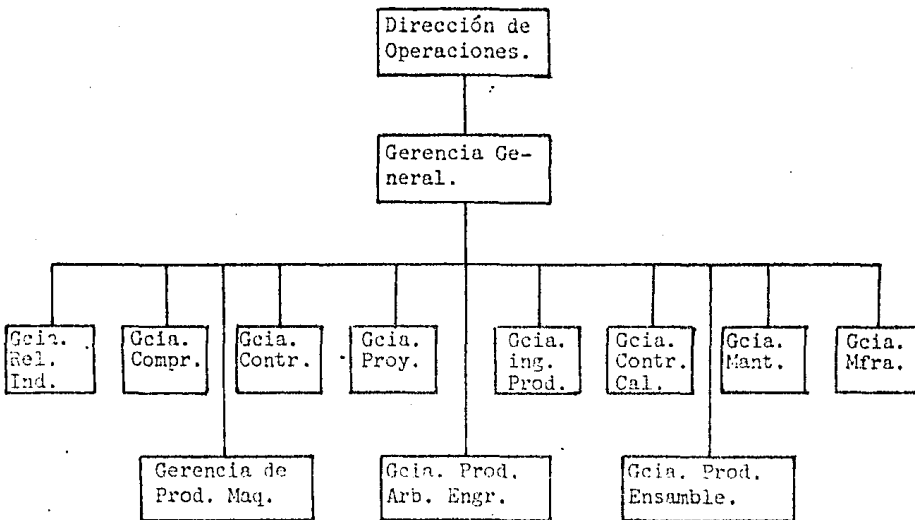
La empresa utilizada en el estudio, es fabricante de partes automotrices y es de reciente creación en el estado, la dirección y/o la necesidad de realizar un estudio de sistemas principalmente de las áreas operativas, así como establecer indicadores en cada uno de los departamentos, que permitan a las gerencias detectar anomalías con el auxilio de parámetros preestablecidos.

Esta empresa requería como resultado de la sistematización que cada nivel de responsabilidad dentro de la organización de la planta se ubique perfectamente dentro de su función, utilizando mejor los recursos físicos, humanos y de información, para tener un mejor control sobre las situaciones y problemas, para evitar duplicidad de información, de funciones y evasión de responsabilidades.

Esto es el objetivo general que se requería como empresa; los objetivos específicos de cada área operativa no se mencionan, por salirse del tema que se está tratando, pero sin olvidar la interpretación que debe existir en toda empresa.

Los departamentos que integran esta empresa se presentan por medio de un organigrama a nivel gerencial, como se muestra en la figura No. 36.

FIGURA No. 36. Estructura Organizacional de la Empresa.



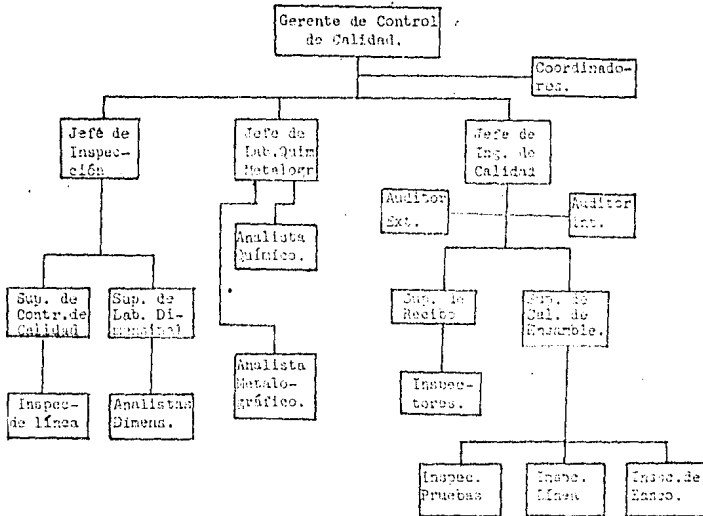
El objetivo específico del área de control de calidad es crear una estructura organizacional de tal manera que ampare las funciones necesarias para dar servicio a producción y crear buena imagen del producto en el mercado por medio de su calidad.

Así también, se desea un diseño y control de formatos adecuados, que permitan obtener la información necesaria y que esta llegue a las personas adecuadas para la toma de decisiones.

Como no se puede ver un sistema sin estar involucrado en los problemas actuales que la empresa tiene, debe conocerse la organización y definición de puestos del área sometida a estudios, así como las interrelaciones de esta área con otras de la empresa. La estructura organizacional de

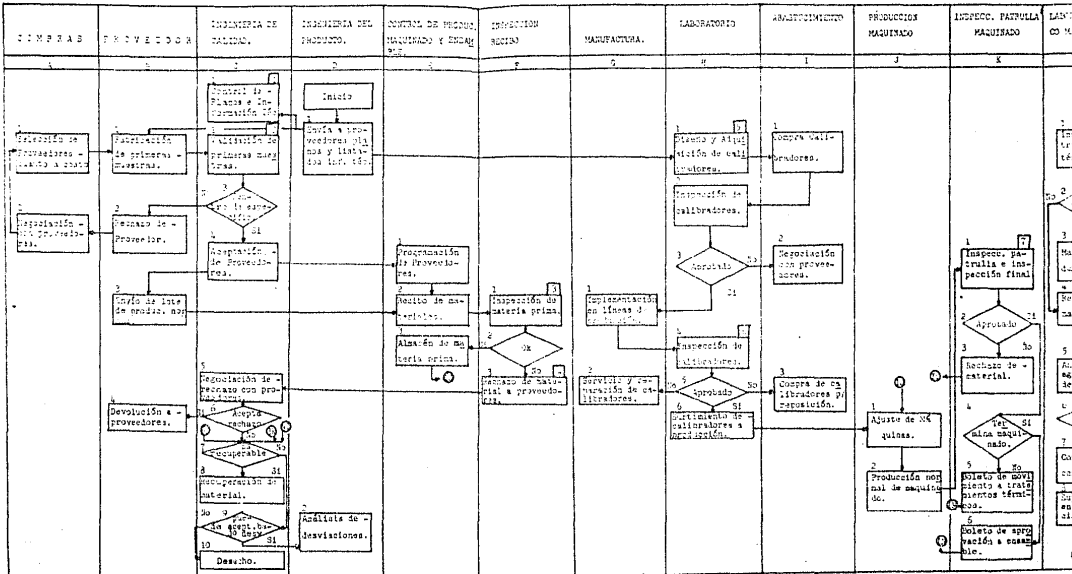
control de calidad se encuentra integrado como se presenta la figura No. 37.

FIGURA No. 37. Organigrama con el Sistema Actual.



El resultado del sistema actual es representado por medio de un diagrama de flujo en forma vertical e interdepartamental donde se expresa el conjunto de interrelaciones entre las funciones del departamento y otras áreas, estas relaciones son expresadas en conceptos mediante entidades y flujos - ya que facilita la evaluación individual y por grupo. El diagrama de flujo de control de calidad se muestra en la figura No. 38.

FIGURA No. 38. Diagrama de Flujo.



Tomando como base la interrelación existente en el área de control de calidad, un estudio y análisis de algunos puntos importantes, presentan - anomalías que se resumen de la siguiente forma:

- 1 - Control de Planos e Información Técnica. - Ingeniería del producto - debe emitir toda la información técnica actualizada con los cambios de ingeniería que afectan directamente al producto y proceso, sin embargo algunos departamentos operativos utilizan información obsoleta ya que constantemente se reciben planos e información técnica, la cual no reemplaza inmediatamente a la información obsoleta ocasionando que:
 - a) Los proveedores envíen su producto con información obsoleta.
 - b) Se mantenga inventario de materia prima fuera de especificaciones de acuerdo al último cambio de ingeniería.
 - c) Se proporcione a producción calibradores ajustados a dimensiones obsoletas, originando con ello la fabricación de material fuera de norma.
 - d) Dé origen a producción de componentes fuera de norma debido a - que los ajustes de máquinas y controles de proceso no se encuentran actualizados conforme a la última revisión del plano.

- 2.- Validación de Muestras Iniciales de Proveedor. - La validación de primeras muestras se efectúa únicamente en características de calidad - sin considerarse características de funcionalidad, ocasionando que el producto final no reúna las condiciones de calidad solicitadas por el -

cliente.

- 3.- Inspección de material productivo. - Al no contarse con un estándar - de calidad preestablecido para la aceptación o rechazo de un material ocasiona que no se tomen muestras representativas de acuerdo al tamaño del lote.
- 4.- Adquisición y Diseño de Calibradores para Nuevos Modelos o Nuevos Productos. - No se tiene definida la responsabilidad para la implantación de calibradores en línea por los departamentos de control de calidad y manufactura, existiendo evasión de responsabilidades por ambas partes.
- 5.- Mantenimiento de Calibradores. - No tener establecidos Programas - con fechas de calibración de acuerdo a los factores de cada tipo de calibrador. Estos factores se consideran: Condiciones de ambiente, - condiciones de uso, frecuencias de utilización, delicadeza de equipo - de medición, importancia de la característica o condición medida, - - etc.
- 6.- Inspección Patrulla Maquinado. - Al presentarse un ajuste de máquina por cambio de modelo, el Departamento de control de calidad no tiene intervención para certificar el ajuste de máquina por no contar con -- responsabilidades definidas con los departamentos de producción; además de no existir retroalimentación clara y oportuna de inspección hacia ingeniería de calidad para poder determinar y asesorar en la adop

ción de contramedidas que estuvieran originando un rechazo.

- 7.- Inspección Patrulla Ensamble. - Al no mantener una frecuencia de inspección en proceso tomando como base la incidencia de defecto en inspección final; el material que es rechazado en líneas de ensamble es contablemente considerado como deshecho, originando variaciones en los máximos y mínimos en inventario al ser recuperado este material.
- 8.- Reclamaciones de clientes. - No existe por parte de control de calidad retroalimentación de los defectos que se presentan con mayor incidencia en los rechazos de clientes a producción y departamentos involucrados para que se tomen las contramedidas necesarias.

HOJAS DE CONTROL.

Las hojas de control son una parte muy importante para la consecución de los objetivos tanto generales como particulares, en esta empresa se cuenta con una gran variedad de ellas para establecer el control, el problema que se presenta, es que no fallan las hojas sino la persona como ser humano que es. Las hojas o formas de control son las siguientes:

- Hojas de inspección de maquinado diario.
- Hojas de lista de actividades diarias.
- Hojas de objetivos para el mes.
- Hojas de reinspección.
- Hoja de reporte inmediato de inspección.
- Hojas de gráficos de control.

- Hojas de estudio de capacidad.
- Hojas de distribución de frecuencias.
- Hojas de análisis de capacidad de proceso.
- Hojas de reporte de certificación maquinado.
- Hojas de gráficas de control por atributos.

Estas formas son manejadas por área de control de calidad y no solamente por una persona, por lo que en aras de abreviar su descripción se anexan para su comprensión.

REPORTE DIARIO DE INSPECCION MAQUINADO

FECHA _____ INSPECTOR _____
CANT. OK. _____ DESCRIPCION _____ LINEA NO. _____
CANT. NG. _____ NO. PARTE _____
PRODUCCION PZA. NO. _____ A PZA. NO. _____ Vg. No. _____

ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X																		
R																		
ITEM	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
X																		
R																		
ITEM	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
X																		
R																		
ITEM	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
X																		
R																		
ITEM	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
X																		
R																		

OBSERVACIONES:

1) Nota de re-inspección - chatarra

FECHA
FIRMA

FECHA
FIRMA

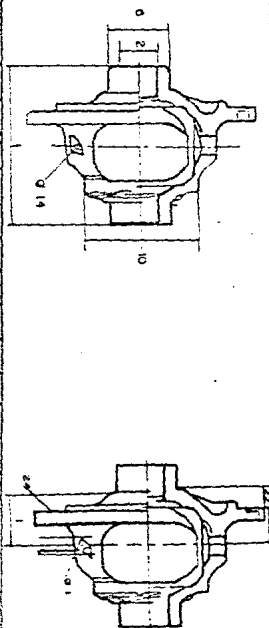
Devolución reparación chatarra

Nº DE PARTE

CANTIDAD

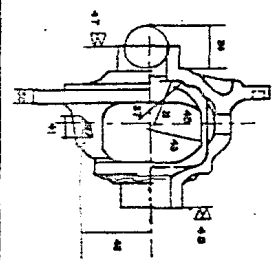
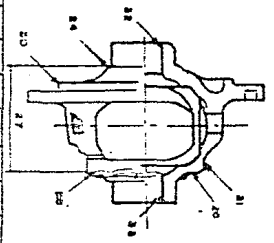
RESPONSABILIDAD (CAUSA)	1.- Mal ensamblado 2.- Mal suajado 3.- Mal por proveedor 4.- Otros
REMEDIO	A. CHATARRA B. REPARACION C. DEVOLUCION
ESTADO DE FALLA	
RESULTADO DE RE-INSPECCION (MOTIVO DE CHATARRA)	

REPORTE DE CERTIFICACION



ITEM	NORMA	PRECISION	CARACTERISTICA	TOLERANCIAS	
				MAX.	MIN.
1	20 ± .5		LONGITUD TOTAL		
2	26 ⁺ .021 0		DIAMETRO DRIVE SHAFT L/DERECHO		
3	.01 MAX.		REDONDEZ		
4	26 ⁺ .021 0		DIAMETRO DRIVE SHAFT L/IZQ.		
5	.01		REDONDEZ		
6	60 ⁺ .056 0		DIAMETRO SIDE BRG. L/DERECHO		
7	.01		REDONDEZ		
8	60 ⁺ .056 0		DIAMETRO SIDE BRG. L/IZQ.		
9	.01		REDONDEZ		
10	76 ⁺ .073 0		DIAMETRO WORM GEAR.		
11	.02 MAX.		REDONDEZ		
12	14 ⁺ 0 0		DIAMETRO RING GEAR		
13	.01		REDONDEZ		
14	6 ⁺ .048 0		DIAMETRO LOCK PIN		
15	.01		REDONDEZ		
16	11 ⁺ .018 0		DIAMETRO PINION MATE SHAFT L/PIN.		
17	.01		REDONDEZ		
18	11 ⁺ .018 0		DIAMETRO PINION MATE SHAFT L/CONTRARIO		
19	.01		REDONDEZ		
20	.05 MAX.		ALINEACION DE BARRENOS PINION MATE SHAFT		
21	41.5 ⁺ 0 0		DISTANCIA DE SUP. DE SIDE BRG A MATE SFT		
22	42.75 ⁺ 0 0		DISTANCIA DE SUP. DE SIDE BRG A BRIDA		
23	28.5 ⁺ .02 0		DISTANCIA DE BRIDA A MATE SHAFT.		
24	.05 MAX.		DESPLAZAMIENTO DE BRDA		
OBSERVACIONES			LINEA:	HOMBRE:	VO. BO.
			NO. PARTE:	FECHA:	
OBSERVACIONES			NO. 1:		

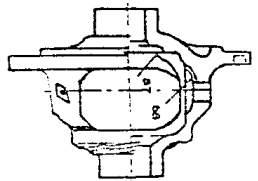
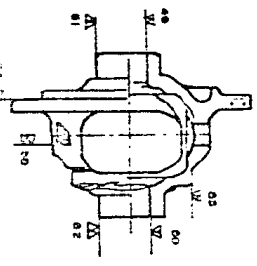
REPORTE DE CERTIFICACION



ITEM	NORMA	FRECUENCIA	CARACTERISTICAS	OBSERVACIONES
20	0.02 ± .1		DISTANCIA ENTRE SUP DEL AGUJERO DE SIDE BRO	
21	0.05 MAX		DESPLAZAMIENTO DE SUP SIDE BRO L/DERECHO	
27	76.3 ± .3		DISTANCIA DE SUP DE SIDE BRO A WORM GEAR	
28	.1 MAX		DESPLAZAMIENTO DE SUP WORM GEAR	
29	.05 MAX		DESPLAZAMIENTO DE SUP SIDE BRO L/IZQUIERDO	
30	0.02 MAX		DESPLAZAMIENTO DE DIA METRO RING GEAR	
31	.1 MAX		DESPLAZAMIENTO DE DIA METRO WORM GEAR	
32	.05 MAX		CILINDRICIDAD DRIVE SHAFT L/IZQUIERDO	
33	.05 MAX		CONCENTRICIDAD DRIVE SHAFT L/DERECHO	
34	2 ± .1		ALTURA DE CHAPLAN DRIVE SHFT 60 L/IZQ	
35	2 ± .1		ALTURA DE CHAPLAN DRIVE SHAFT 60 L/DER	
36	10 ± .3		ESPEJOR DE BRIDA	
37	37.25 ± .02		REPARTICION DE SUP ESFERICA S/W L/IZQ	
38	37.25 ± .02		REPARTICION DE SUP ESFERICA S/W L/DER	
39	0.05 MAX		DESPLAZAMIENTO DE SUP ESFERICA S/W L/IZQ	
40	0.05 MAX		DESPLAZAMIENTO DE SUP ESFERICA S/W L/DER	
41	.1 MAX		POSICION DE LOCK PIN CONTRA MATE SHAFT	
42	.45 ± .1		POSICION DE LOCK PIN CONTRA SIDE BRO	
43	38 ± .02		REPARTICION DE SUP ESFERICA PMATE L/PIN	
44	38 ± .02		REPARTICION DE SUP ESFERICA PMATE L/CONTRARIO	
45	0.05 MAX		DESPLAZAMIENTO DE SUP ESFERICA PMATE L/PIN	
46	0.05 MAX		DESPLAZAMIENTO DE SUP ESFERICA PMATE L/CONTRARIO	
47	RA 4 BUC		RUJOSIDAD SUP DE RAC SIDE BRO L/IZQ	
48	RA 4 BUC		RUJOSIDAD SUP DE RAC SIDE BRO L/DER	
LINEA: _____ HORBRE: _____ NO PARTE: _____ FECHA: _____ NOVA: _____				
INSPECTOR			V.O. GO.	

N	SERIAL	ITEM	NORMA	FRECUEN	CARACTERISTICAS	
						ITEM
		00	RA 25 MAX		RUGOSIDAD DRIVE SHAFT LA - DO IZQ.	
		01	RA 25 MAX		RUGOSIDAD DRIVE SHAFT LA - DO DER.	
		02	RA 25 MAX		RUGOSIDAD SIDE BEARING LADO IZQ.	
		03	RA 25 MAX		RUGOSIDAD SIDE BEARING LADO DER.	
		04	RA 25 MAX		RUGOSIDAD WORM GEAR.	
		05	RA 3 MIC		RUGOSIDAD BRIDA	
		06	RA 25 MAX		RUGOSIDAD DE PINION MATE SPT L/PIN.	
		07	RA 25 MIC		RUGOSIDAD PINION MATE SHAFT L/CONTRARIO	
		08	0.04 MM		POSICION DE CONTACTO SUP ESFERICA S/W	
		09	0.05 MM		POSICION DE CONTACTO SUP ESFERICA PINION MATE	
		10			INSPECCION VISUAL 100%	
			3.0 - 1.0 4.0 - 0.5 15 - 0.5		POSICION DE RANURA PARA SPEED METER.	
			0.15 MAX		BARRENO ROSCADO CONTRA SIDE BEARING	
			2.0 ± .20 0		Ø DE BARRENO INT SIDE WASHER	
			Ø ± .20		Ø DE SUPERFICIE ESFERICA SIDE WASHER	
			1/4 ± .50		Ø DE SUPERFICIE ESFERICA PINION MATE	
			2.0 MAX		ESPESOR DE MATERIAL RING GEAR	
			4.0 MIN		ESPESOR DE MATERIAL SUPERFICIE ASTO SIDE BRG.	
			1.0 MIN		ESPESOR DE MATERIAL DE PARED A LOCK PIN	
			Ø 0 MAX		REDONDEZ DRIVE SHAFT LADO IZQ.	
			Ø 0 MAX		REDONDEZ DRIVE SHAFT LADO DER.	
			Ø 0 MAX		CILINDRICIDAD DRIVE SHAFT LADO IZQ.	
			Ø 0 MAX		CILINDRICIDAD DRIVE SHAFT LADO DER.	
OBSERVACIONES						LINEA:
						NOMBRE:
OBSERVACIONES						NO PARTE:
						FECHA:
OBSERVACIONES						HOJA:
						INSPECTOR
OBSERVACIONES						VO. DO.

04



AUDITORIAS DEL PRODUCTO.

La auditoría del producto es una evaluación independiente de la calidad del mismo, para determinar su aptitud para uso y la conformidad con las especificaciones. La evaluación se lleva a cabo por un grupo separado de auditores del producto (inspectores), responsables a un departamento de aseguramiento de la calidad. Algunas auditorías del producto se hacen sobre una base continua y por consiguiente requieren de auditores del producto asignados en forma permanente a líneas de productos específicos.

El programa de auditoría tiene por objeto la determinación del estado de calidad tanto del producto que se encuentra en proceso como del producto terminado, indicando las deficiencias y/o fallas críticas, con el fin de eliminarlas, la auditoría se debe llevar a cabo de acuerdo a este programa y conforme a una lista de verificaciones, para cada línea, la cual debe contener los datos que siguen:

- Tipo de producto.
- Número de parte.
- Descripción.
- Número progresivo de control (auditorías realizadas)
- Cantidad de piezas muestra.
- Fecha.
- Nombre del auditor.
- Grupos de sub-ensambles verificados.

La cantidad muestra que debe ser auditada, deberá ser adecuada a la experiencia del personal de prueba y al grado de dificultad del producto.

La lista de verificación permite un análisis tanto del producto final como de las piezas individuales, facilitando con ésto detectar el origen de la falla, por lo que dicha lista de verificación se refiere a grupos de piezas, tipos de ensambles y/o sub-ensambles, desarrollando las pruebas necesarias para cada grupo como:

- Medición.
- Funcionamiento.
- Apariencia.
- Hermeticidad.
- Prueba de material.

Las fallas detectadas se ubican según su origen, para facilitar su seguimiento y solución, indicando responsables y plazos para corregirse. La ubicación de las fallas involucra causas como:

- Especificación técnica y/o diseño incorrecto.
- Maquinaria, equipo y herramental inadecuado.
- Materia prima incorrecta.
- Métodos de prueba no completos.
- Falta de dispositivos y equipo de prueba.
- Mano de obra y manejo de material.

Las etapas potenciales para la auditoría del producto cuando es conduci

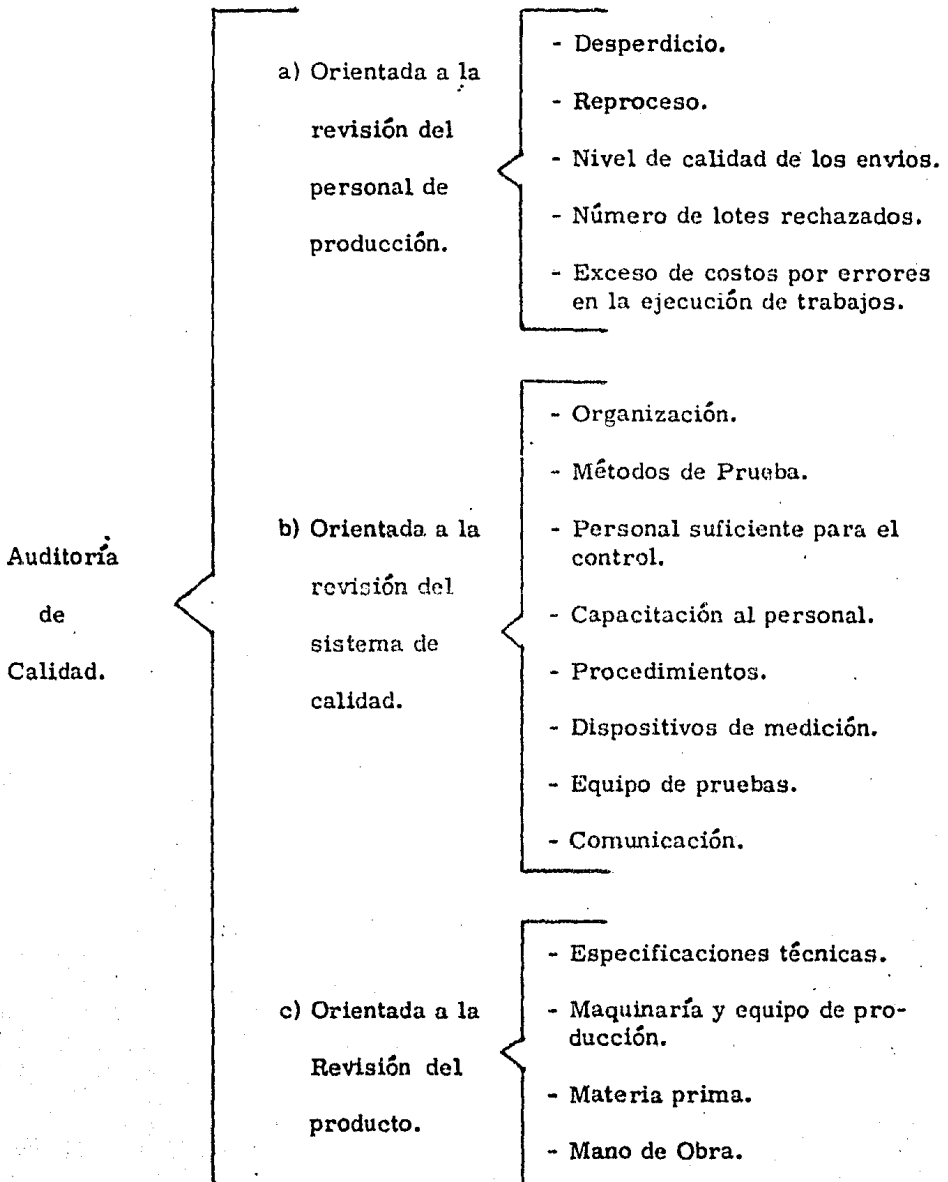
da son:

- a) Después de la aceptación por los inspectores. - El uso de esta etapa es el más económico, pero no refleja el efecto de empaque, envío, almacenaje y utilización.
- b) Después de empacar pero antes del envío. - Requiere de desempaque, reempaque, pero evalúa el efecto del empaque.
- c) En la recepción del consecionario. - Díficil de administrar en las múltiples localizaciones, pero refleja el efecto del envío y almacenaje.
- d) En recibo por lo usuarios. - Aún más difícil de administrar pero -- evalúa los efectos agregados por el consecionario, más el manejo almacenaje, efectos de envío al usuario y desempaque.
- e) En el funcionamiento de servicio. - El ideal, pero también el más difícil de administrar debido al número y variedad de uso, puede -- ser simplificado por el muestreo.

La figura No. 39, es un cuadro sinóptico que representa las técnicas usadas en la auditoría de efectividad de la calidad. Cuando el auditor de calidad encuentra defectos o discrepancias en sus muestras, las presenta a la atención del supervisor de línea, por dos razones:

- Para certificar sus verificaciones de la situación verdadera, de manera que la subsecuente clasificación de la calidad esté basada en -- hechos concordantes.
- Avisarles de las señales de alarma inherentes en la presencia de defectos en medio del producto que se aprueba para su envío al cliente.

FIGURA No. 39. Orientación de la Auditoría.



Cuando el muestreo en la auditoría del producto se vuelve más crítico o mayor es el defecto, el procedimiento de auditoría normalmente provee a documentar estos casos, tal como se hace para cualquier otro descubrimiento de una gravedad interna o falla de campo, se ejecuta una forma discrepante para poner una acción correctiva en la maquinaria en movimiento, entonces el caso es seguido, para una conclusión de las organizaciones -- asignadas regularmente a tales problemas.

Resumiendo, la auditoría sobre el producto se verifica sobre una muestra relativamente pequeña, para beneficio del cliente y satisfacción de la compañía. Se puede concretar a pruebas de ambiente, de duración o de vida y de confiabilidad, el objetivo no es el control de la calidad, sino más bien determinar la efectividad del sistema del control de la calidad. Al hacerse una auditoría, entra en consideración cada producto, así como la evaluación de deméritos. Los deméritos se concentran en un índice y se relacionan con una base de comparación, por ejemplo, a cierto número de unidades del producto. Los reportes de la auditoría se analizan para identificar las áreas que necesitan nuevas investigaciones en diseño, en proceso, en métodos de control o algunos otros procedimientos, para hacer las correcciones necesarias del caso.

Los puntos que se presentan a continuación, son los que normalmente se llevan a cabo para efectuar una auditoría del producto a determinada operación del proceso, ya se trate ésta de maquinado o ensamble.

Esta auditoría corresponde a lo interno de la planta, a través de su proceso de manufactura, hasta lograr el producto que se elabora. Los pasos que se dan para elaborar una auditoría del producto en general para la - - planta son:

- Toma de las muestras. - Las muestras se refieren a las piezas que se toman de la (s) máquina(s) en las cuales se va a efectuar la auditoría. Al tomar las muestras de la propia máquina, conforme van saliendo de la producción normal, generalmente se persigue conocer cuando o en que número de piezas se han producido cambios de:

- a) Herramientas de corte.
- b) Velocidades en la pieza o en la herramienta.
- c) Operadores por cambios de turno.
- d) Paros de máquina.
- e) Cambios de población en el producto que se está checando.
- f) Ajustes a la máquina como avances, profundidades de corte, etc.

Esto con el fin de conocer las posibles causas de variación entre piezas y poder justificarlas a la hora en que se desee determinar el estado de la - máquina y la posible solución en base a un estudio de éste y su respectivo análisis. Para efectuar este estudio, generalmente se toman de 25 a 30 - piezas, según lo requiera el caso.

- Toma de lecturas. - Antes de proceder a tomar la muestra, se debe conocer cuál característica se va a someter a inspección, en ocasiones el personal que requiere la inspección específica ésto, si no es así regular--

mente se recurre a la hoja de procesos y se seleccionan las que puedan ser más importantes y/o críticas. Después de seleccionadas las características, son dimensionadas las piezas y se anotan los valores que serán los datos, en base a los cuales se efectúe el análisis, todo ello de acuerdo al número de la pieza, de manera que siempre exista una secuencia.

- Realización del análisis. - Para éste paso se efectúan algunos cálculos necesarios para elaborar una gráfica de control de variables (\bar{X}) y son los siguientes:

a) Cálculo de la media aritmética.
$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

dónde: X = Valores de las lecturas efectuadas.

n = Número de piezas que componen la muestra.

b) Desviación estándar.
$$\sigma = \sqrt{\frac{(X - \bar{X})^2}{n}}$$

dónde: X = Valores de las lecturas efectuadas.

\bar{X} = Media de los valores.

c) Cálculos de los límites de control.
$$LC = \bar{X} \pm 3\sigma$$

d) Obtención del área bajo la curva normal.
$$Z = \frac{LSE - X_c}{\sigma_c}$$

dónde: LSE = Límite superior especificado.

LIE = Límite inferior especificado

\bar{X}_c = Media calculada.

σ_c = Desviación estándar calculada.

$Z_1 = Z_2$ = Área bajo la curva normal.

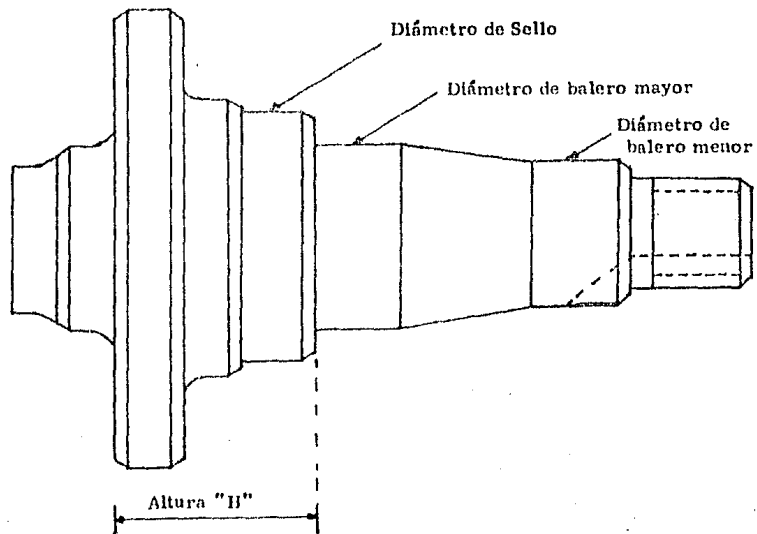
Después de hecho el análisis, los resultados y las gráficas se anotan en una forma dónde se adjuntan las conclusiones y comentarios, éstas formas se presentan en el siguiente ejemplo;

La auditoría fue efectuada a un producto del área de maquinado de la planta que se le denomina "Manguete" y que se utiliza en el eje no tractivo para la marca de carro Datsun. La operación a la cual se le realizó la auditoría es: "Rectificado de los diámetros de baleros y sello". Las características, como se dice en el nombre de la operación son:

- Diámetro de sello.
- Diámetro de balero mayor.
- Diámetro de balero menor.
- Altura "H". - (Se le denomina "H" a la distancia que hay entre el asiento del balero mayor y la parte posterior de la brida de la pieza).

La figura número 40, muestra las partes antes mencionadas;

FIGURA No. 40. Mango Para Rueda de eje no tractivo.



No. de Pieza	Diámetro de Sello	Diámetro Balero Mayor	Diámetro Balero Menor	Altura H
1	34.978	25.006	19.982	25.311
2	34.976	25.001	19.980	25.347
3	34.975	24.999	19.980	25.349
4	34.973	24.999	19.977	25.344
5	34.973	24.999	19.978	25.333
6	34.973	24.997	19.977	25.323
7	34.973	24.999	19.977	25.359
8	34.973	24.999	19.980	25.344
9	34.972	24.997	19.977	25.323
10	34.973	25.000	19.980	25.339
11	34.976	24.999	19.980	25.344
12	34.973	24.999	19.980	25.372
13	34.975	24.999	19.980	25.326
14	34.973	24.997	19.978	25.359
15	34.973	24.999	19.980	25.306
16	34.976	25.001	19.980	25.344
17	34.972	24.997	19.980	25.394
18	34.972	24.997	19.977	25.311
19	34.971	24.996	19.980	25.295
20	34.971	24.996	19.977	25.326
21	34.971	24.996	19.980	25.377
22	34.971	24.995	19.980	25.303
23	34.972	24.995	19.977	25.344

A continuación, ya con los datos de cada una de las variables lo siguiente es calcular la media y la desviación estándar, y con ellos los límites de control y áreas bajo la curva normal.

- Diámetro de Sello: $\bar{X} = 34.973$ $\sigma = 0.0019$
- Diámetro de Balero Mayor: $\bar{X} = 24.998$ $\sigma = 0.002$
- Diámetro de Balero Menor: $\bar{X} = 19.979$ $\sigma = 0.0015$
- Altura "H": $\bar{X} = 25.3374$ $\sigma = 0.0251$

Posteriormente con los datos anteriores y conocidos los límites de con-

trol y el área bajo la curva, se procede a llenar las formas de auditoría - del producto de acuerdo a:

$$LSC = 34.973 + 3 (0.0019) = 34.979$$

$$LIC = 34.973 - 3 (0.0019) = 34.967$$

$$LSC = 24.998 + 3 (0.002) = 25.004$$

$$LIC = 24.998 - 3 (0.002) = 24.992$$

$$LSC = 19.979 + 3 (0.0015) = 19.984$$

$$LIC = 19.979 - 3 (0.0015) = 19.975$$

$$LSC = 25.3374 + 3 (.0251) = 25.413$$

$$LIC = 25.3374 - 3 (.0251) = 25.262$$

$$Z_1 = \frac{35.000 - 34.973}{0.0019} = 14.2 = 50\%$$

$$Z_2 = \frac{34.938 - 34.973}{0.0019} = -13.4 = 50\%$$

$$Z_1 = \frac{25.0065 - 24.998}{0.002} = 4.25 = 50\%$$

$$Z_2 = \frac{24.9935 - 24.998}{0.002} = -2.25 = 48.78\%$$

$$Z_1 = \frac{19.988 - 19.979}{0.0015} = 6 = 50\%$$

$$Z_2 = \frac{19.977 - 19.979}{0.0015} = -1.33 = 40.82\%$$

CONTROL DE CALIDAD			FECHA	HOJA
AUDITORIA DEL PRODUCTO			DÍA	MES
IDENTIFICACION			AÑO	1/2
DENOMINACION	PIEZA	OPERACION	DEPARTAMENTO	
NOMBRE:	MANGO	No. 40: RECTIFICADO DE LOS DIAMETROS	3429	
NUMERO:	751818	DE BALERO MAYOR, MENOR Y SELLO.		
1.- MOTIVO: Evaluar la Capabilidad de la Máquina Nueva.				
2.- PROPOSITO: Asegurar Calidad del Producto.				
3.- OBJETIVO: Iniciar Producción con Nivel de Desecho Nuevo.				
4.- ANALISIS DIMENSIONAL: Ver Hoja Anterior.				
ESTADO ACTUAL				
LINEA NUEVA				
NUMERO DE PIEZAS: 23 LECTURAS EN EXCESO A: LECTURA BASE EN:				
Diámetro de Sello	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS OBTENIDOS	GRAFICA DE DISTRIBUCION DE FREQ.	
	L.S.E. 35.000 mm	L.S.C. 34.978 mm	35,000	
	X NVM. 34.969 "	X CAL. 34.972 "	90	
	L.I.C. 34.938 "	L.I.C. 34.967 "	80	
	TOTAL 0.062	0.014 0.0019	70	
	AREA DE PROB. EN %		60	
	LIM. SUPERIOR	LIM. INFERIOR	50	
	FUERA DENTRO	DENTRO FUERA	40	
	0% 50%	50% 0%	34.930	
	CONFIABILIDAD	DESCONFIABILIDAD	3 6 9 12 15 18 21 24 27	
100%	0%			
VALIDACION: Aceptada.				
COMENTARIOS:				
5.- DETERMINACION DE CAUSAS: 1) Las últimas tres piezas, en el diámetro de - Balero Mayor, tuvieron una caída en su tendencia debido a un aderezado de la piedra, - aunado a ésto un sobre-control en la operación.				
2) En el diámetro de Balero Menor, es necesario centrar el proceso, ya que es mínima la variación que hay entre las piezas.				
6.- MEDIDAS CORRECTIVAS: (Propuestas) revisar la plantilla a seguidor, además de punta de diamante, con el fin de controlar - la operación de aderezado, procurar dejar la máquina trabajando aproximadamente 30 minutos, con el fin de quitar su descentramiento por el refrigerante que absorba.				
7.- CONTROLES APLICADOS:				
8.- SEGUIMIENTO: Efectuar auditoría al producto posteriormente a que manufactura revise lo anterior.				

		FECHA		RECA	
		DIA	MES	AÑO	
IDENTIFICACION.				2/2	
DESIGNACION PIEZA	OPERACION	DEPARTAMENTO			
NOMBRE: MANCO	NO. 40 RECTIFICADO DE LOS DIAMETROS	3424			
NUMERO: 751818	DE BALERO MAYOR, MENOR Y BELLO.				
ANALISIS DIMENSIONAL.					
NUMERO DE PIEZAS: 23 LECTURAS EN EXCESO A: LECTURA BASE EN:					
DIAMETRO BALERO MAYOR	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS OBTENIDOS		GRAFICA DE DISTRIBUCION DE FREC.
	L.S.E. 25.0065	L.S.C. 25.0034			
	X NOM. 25.0000	X CAL. 24.9983			
	L.I.E. 24.9935	L.I.C. 24.9911			
	TOTAL	23	C.C. 0.0022 C.P. 0.002		
	AREA DE PROB. 7				
	LIM. SUPERIOR	LIM. INFERIOR			
	FUERA DENTRO	DENTRO FUERA			
	0.937	41.324	2.629		
	CONFIANZA 97.5%				
DESCONFIANZA 2.5%					
VALIDACION: ACEPTADA					
COMENTARIOS:					
DIAMETRO BALERO MENOR	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS OBTENIDOS		GRAFICA DE DISTRIBUCION DE FREC.
	L.S.E. 19.9950	L.S.C. 19.9928			
	X NOM. 19.9925	X CAL. 19.9781			
	L.I.E. 19.9779	L.I.C. 19.9744			
	TOTAL	23	C.C. 0.0033 C.P. 0.0013		
	AREA DE PROB. 7				
	LIM. SUPERIOR	LIM. INFERIOR			
	FUERA DENTRO	DENTRO FUERA			
	0.937	41.324	1.622		
	CONFIANZA 97.5%				
DESCONFIANZA 2.5%					
VALIDACION: ACEPTADA					
COMENTARIOS:					
ALTURA H	ESPECIFICACIONES		RESULTADOS OBTENIDOS		GRAFICA DE DISTRIBUCION DE FREC.
	L.S.E. 25.1921	L.S.C. 25.1913			
	X NOM. 25.1924	X CAL. 25.1871			
	L.I.E. 25.1947	L.I.C. 25.1899			
	TOTAL	23	C.C. 0.1506 C.P. 0.0251		
	AREA DE PROB. 2				
	LIM. SUPERIOR	LIM. INFERIOR			
	FUERA DENTRO	DENTRO FUERA			
	0.937	504	0.937		
	CONFIANZA 100%				
DESCONFIANZA 0%					
VALIDACION: ACEPTADA					
COMENTARIOS:					

$$Z_1 = \frac{25.451 - 25.3374}{.0251} = 4.53 = 50\%$$

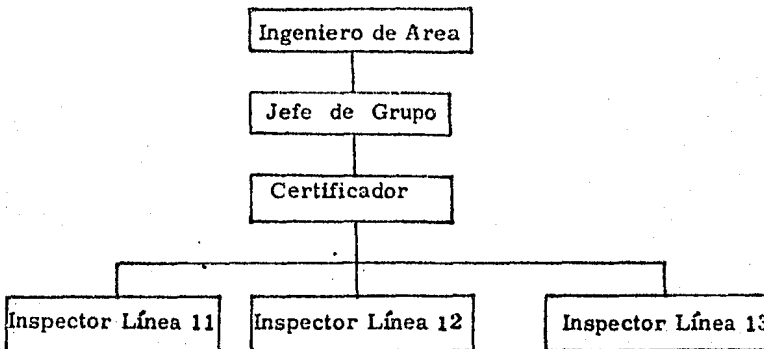
$$Z_2 = \frac{25.197 - 25.3374}{0.0251} = -5.59 = 50\%$$

Los porcentajes se presentan en las hojas de auditoría, ya que son los indicadores de la confiabilidad de la máquina.

INSPECCION.

Primeramente se presenta en lo particular el organigrama que representa la inspección en el área de maquinado para las tres líneas de que está compuesta la empresa. La diferencia que existe entre las líneas es solamente la inspección de las características en que se apoya el inspector, la inspección practicada es la patrulla o al cien por ciento. El organigrama mencionado se muestra en la figura No. 41.

FIGURA No. 41. Organigrama del Area de Maquinado.



Los objetivos que persigue la inspección patrulla son los que siguen:

- a) Controlar que la calidad del proceso y producto satisfagan las normas establecidas,
- b) Reducir los índices de costos por chatarra y retrabajos, así como tener dentro del control estadístico el proceso mediante el personal operativo.
- c) Tener un nivel de conocimientos técnicos en herramientas estadísticas básicas.
- d) Assegurar el nivel de calidad en líneas de producción mediante una eficaz inspección patrulla, así como una certificación de material terminado basado a las normas de control de proceso.

Las funciones principales que se realizan como una rutina de inspección en cada una de las operaciones se lleva a cabo de la siguiente forma:

- a) El inspector deberá entregar su reporte de inspección patrulla del día anterior ya terminado.
- b) El inspector empieza su rutina por las operaciones determinadas como críticas.
- c) El inspector hace la rutina de acuerdo al tamaño de muestra señalada en las normas de control. Después de realizar su chequeo anota sus resultados en la hoja de inspección y/o en las gráficas de control de cada operación.
- d) Cuando se va a realizar un arranque de máquina ya sea por cambio y/o ajuste de herramienta o cualquier otro ajuste que pueda afectar la calidad del producto, el inspector debe estar presente cuando

se obtenga la primer pieza "Ok" después del ajuste y verificar en que consistió el cambio y si no afectó al producto, mediante una inspección con los dispositivos necesarios y si fuese necesario se obtendrá en el laboratorio el perfil de la característica en estudio para determinar si no hay alguna deformación, escalon, etc., que no sea aceptable, así mismo deberá anotar los resultados de esa inspección en el formato adecuado en presencia de los departamentos involucrados y firmar de conformidad. Posteriormente verificará dos piezas consecutivas después del cambio (sin anotar resultados) unicamente con la finalidad de confirmar que no sufra alguna variación.

- e) El inspector en su rutina de patrulla en caso de encontrar alguna -- pieza que no reuna o cumpla con las normas de calidad, reportará inmediatamente esta anomalía a producción para que determinene la causa, tome contramedida y separe el material defectuoso. En caso de encontrarse con varias piezas que resulten defectuosas procederá a:
- Rastrear hasta que pieza está F/E, al encontrar la última checa rá tres piezas antes y después de las piezas rechazadas.
 - En caso de ser más de tres piezas defectuosas consecutivas o cinco durante todo el turno procederá a elaborar el reporte inmediato de anomalías, ésto con el fin de determinar causa y aplica ción de acción correctiva inmediata, tiempo de ejecución, etc.

- En caso que el inspector conjuntamente con producción determinen que las piezas no pueden ser recuperadas o que no cumplan con la calidad mínima requerida para ensamble, procederá a darse de baja el material colocándole las letras "NG" con tinta roja en las piezas defectuosas y separándolas del material "Ok" El inspector colocará la tarjeta de NG en la cual firmará de enterado producción y control de calidad, determinando a que se atribuye la causa, (herramienta, máquina, operador, proveedor etc.) después de inspeccionar procederá a llenar la hoja de inspección para que producción explique la causa del defecto, posteriormente el inspector deberá registrar en su libro de re-inspección la cantidad de piezas, motivo, fecha, etc., el cual deberá tener actualizado para entregar a fin de mes a su supervisor.
- f) El inspector debe llevar gráficas de control del proceso para analizar tendencias.
- g) El inspector en su rutina de patrulla al llevar piezas a checar al laboratorio deberá clasificarlas por importancia:
 - Urgente (Máximo diez minutos)
 - Normal (Máximo dos horas)
 - Aseguramiento (Máximo ocho horas)
- h) El inspector debe entregar su reporte mensual con los siguientes requerimientos:
 - Resultado de acciones correctivas por operación y durante el mes
 - Resultado en cuanto a producción, retrabajos, desperdicios, etc.

- Reportes de trabajos especiales.
- Bitácora al día.
- Gráficas de control.
- Libro de reinspección.
- Estudios especiales del proceso.
- Comentarios, sugerencias, logros del mes.

Las funciones del certificador son:

- a) Iniciará su rutina seleccionando el muestreo aleatorio de la forma siguiente:
 - En Case diff se checarán. - cuatro piezas por rack
 - En Case T/a se checarán. - una pieza por rack
 - En Clutch housing se checarán. - una pieza por rack.
- b) Verificará las condiciones correctas del equipo que utilizará para su inspección, recolectará sus datos en hojas establecidas.
- c) Procederá a colocar tarjetas de material aceptado siempre y cuando reúna todos los requisitos de calidad, normas, empaque, identificación, limpieza, etc., en caso de encontrar alguna pieza defectuosa en su muestreo procederá a incrementar el mismo para analizar -- únicamente la falla encontrada, se pueden dar los siguientes casos:
 - Si en el muestreo sale una pieza defectuosa se checarán tres piezas antes y tres después del número de la pieza defectuosa, si no se encuentra ninguna otra pieza en mal estado, se procederá a se parar la pieza defectuosa, informará al inspector de línea respon-

sable así como al jefe de línea de producción, para que determinen la causa y tomen contramedida, se colocará otra pieza Ok y se colocará la tarjeta de aceptación.

- Si en el muestreo sale una pieza defectuosa se checarán tres piezas antes y tres después del número de la pieza defectuosa, en caso de encontrar otra pieza defectuosa procederá a rechazar el rack a producción para que se separe cien por ciento colocando tarjeta de rechazo.
 - En el caso de encontrar en el muestreo que la mayoría de las piezas estén mal, procederá a rechazar la producción total del día y colocará tarjeta de cuarentena en espera de decisión.
- d) Deberá liberar todos los racks checados con tarjeta y firma antes de la hora de salida, en caso de tener lotes o racks con aceptación especial deberá identificarlos claramente, así como a cualquier material con algún cambio de cantidad o calidad.
- e) En su rutina de inspección al llevar piezas al laboratorio deberá -- clasificarlas por su importancia, deberá reportar y mejorar cualquier deficiencia en todas sus líneas y planta en general, debe dar mantenimiento al equipo bajo su responsabilidad y reportar cualquier falla del mismo.
- f) El certificador entregará un reporte mensual, con los siguientes requisitos:
- Cantidades de racks Ok, rechazados, cuarentena, etc, con motivos, frecuencias, etc.

- Reporte de cantidades de aceptaciones especiales.
- Reportes de trabajos especiales.
- Bitácora.
- Comentarios, sugerencias y logros del mes.
- Objetivos del mes que sigue, así como cumplimiento de los mismos del mes anterior.

- NOMBRE DE PARTE: Shaft Main
 - NUMERO DE PARTE: 32241 B14C5
 - OPERACION: OP-10 Gear Shaving
 - MAQ. No. H021 Kanzaki
 - CARACTERISTICA: OBD
 - FORMA DE MEDICION: Micrómetro de Bolas.
 - NORMA: 56.40 56.44 (3.969)
 - FRECUENCIA: Aleatoria
 - UNIDAD: M M
 - N: 5 Piezas
 - PERIODO: 8-10-85 A 14-11-85

FECHA	LECTURAS				
	1	2	3	4	5
8 - 10	56.420	56.415	56.415	56.420	56.420
9 - 10	56.430	56.420	56.430	56.435	56.430
10 - 10	56.430	56.430	56.425	56.435	56.425
11 - 10	56.420	56.420	56.415	56.420	56.415
12 - 10	56.430	56.410	56.420	56.425	56.420
14 - 10	56.425	56.435	56.435	56.435	56.430
15 - 10	56.430	56.425	56.430	56.425	56.435
16 - 10	56.425	56.425	56.425	56.425	56.425
17 - 10	56.420	56.425	56.420	56.420	56.430
18 - 10	56.430	56.420	56.415	56.420	56.415
21 - 10	56.425	56.430	56.425	56.420	56.425
22 - 10	56.430	56.415	56.420	56.435	56.425
23 - 10	56.440	56.430	56.435	56.435	56.435
24 - 10	56.415	56.400	56.410	56.405	56.405
25 - 10	56.410	56.405	56.410	56.405	56.405
26 - 10	56.430	56.435	56.425	56.435	56.435
28 - 10	56.405	56.410	56.405	56.415	56.410
29 - 10	56.440	56.430	56.435	56.430	56.430
30 - 10	56.410	56.405	56.405	56.420	56.415
31 - 10	56.430	56.410	56.425	56.415	56.415
4 - 11	56.425	56.415	56.405	56.415	56.415
5 - 11	56.425	56.425	56.425	56.415	56.430
6 - 11	56.435	56.425	56.430	56.430	56.430
7 - 11	56.430	56.435	56.430	56.430	56.435
8 - 11	56.440	56.435	56.430	56.435	56.440
9 - 11	56.425	56.410	56.415	56.430	56.420
11 - 11	56.410	56.420	56.420	56.420	56.410
12 - 11	56.420	56.410	56.415	56.410	56.425
13 - 11	56.425	56.425	56.425	56.420	56.415
14 - 11	56.410	56.430	56.420	56.425	56.425

CONCLUSIONES

La importancia del momento que vivimos económicamente, obligan a la industria a buscar alternativas que ayuden a reducir los costos incurridos en la conversión de productos, debido principalmente a la competencia por la calidad del producto, ya que los consumidores tanto nacionales como extranjeros en la actualidad no solamente tratan de obtener el menor precio posible sino también el servicio, duración, funcionalidad y aspecto del producto.

Teniendo como marco de referencia las consideraciones mencionadas y que la situación a nivel nacional se considera raquítica en relación con la calidad de los productos, razón por la cual se intenta introducir los principales conceptos del control en la calidad del producto, mediante técnicas sencillas de carácter estadístico.

El objetivo de este trabajo es definir el concepto de las principales herramientas utilizadas en el control de cualquier proceso, por tal razón considero que estas técnicas pueden entre otras cosas:

- Definir concretamente la variación en cualquier proceso y establecer el análisis adecuado para obtener la mejor alternativa de solución.
- Facilitar la comprensión a cualquier nivel dentro de la empresa además de proporcionar la información confiable respecto a los resultados y avances obtenidos.
- Interviene directamente en la captura de los problemas sin necesidad de análisis profundos para su detección, nótese cómo las gráficas de -

control por sí solas definen cuando el proceso no se encuentra bajo control.

- Se elaboran en forma sencilla, por lo cual no es necesario una capacitación fuera de lo usual.

Por otro lado es importante considerar lo siguiente:

- Que toda la organización de una empresa esté conciente que la calidad es responsabilidad de todos.
- Que el uso inadecuado de las técnicas para controlar la calidad llevará a resultados absurdos y en ocasiones tantas gráficas o formas - - complican la situación.

Por lo tanto, el inteligente uso de los gráficos de control y las técnicas estadísticas. darán la seguridad necesaria para crear confianza y prestigio en la elaboración de cualquier producto.

BIBLIOGRAFIA

CHARBONNEAU, H. C. y G. L. WEBSTER. 1984. Control de Calidad.
Ed. Interamericana. Primera Reimpresión.

FEIGENBAUM, A. V. 1982. Control Total de la Calidad. Ed. C E. C. S. A.
Décima Segunda Impresión.

FORD MOTOR COMPANY, S. A. DE C. V. 1984. Control Continuo del pro-
ceso y Mejoras a la Habilidad del Proceso. (Guía para el uso -
de gráficas de control para mejorar la calidad y productividad).

HASEN, L. B. 1980. Control de Calidad. Ed. Hispano Europea. Segunda
Edición.

INSTITUTO DE METROLOGIA MITUTOYO. 1984. Curso de Metrología y
Control de Calidad.

PARRA, L. F. 1984. Apuntes de Constrol Estadístico de Calidad. Centro
de Graduados. Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

VAUGHN, C. R. 1982. Control de Calidad. Ed. Limusa. Primera Edi-
ción.